

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра технической теплофизики

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН ФЛА

д.т.н. Саленко С. Д.

“ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ
Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)

в составе дисциплин: Специальные главы направления

Тепломассообмен

Дисциплина по выбору аспиранта: Компьютерное моделирование теплофизических процессов; Теплообмен в энергетических установках

Образовательная программа: 03.06.01 Физика и астрономия, профиль: Теплофизика и теоретическая теплотехника

Курс: 2 3, семестры : 4 5 6

Факультет летательных аппаратов,

		Семестр		
№	Вид деятельности	4	5	6
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	3	5	5
2	Всего часов	108	180	180
3	Всего занятий в контактной форме, час.	30	19	21
4	Лекции, час.	18	0	0
5	Практические занятия, час.	0	0	0
6	Лабораторные занятия, час.	0	0	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	0	0	0
8	Аттестация, час.	2	2	2
9	Консультации, час.	10	17	19
10	Самостоятельная работа, час.	78	161	159
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)			
12	Вид аттестации	ДЗ	З	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 03.06.01 Физика и астрономия

ФГОС введен в действие приказом №867 от 30.07.2014 г. , дата утверждения: 25.08.2014 г.

Место модуля в структуре учебного плана: Блок 1

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 03.06.01 Физика и астрономия

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ТТФ, протокол заседания кафедры № 17 - 4 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета летательных аппаратов, протокол № 5 от 21.06.2017

Программу разработал:

профессор, д.т.н. Чичиндаев А. В.

профессор, д.т.н. Терехов В. И.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Чичиндаев А. В.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Чичиндаев А. В.

**I. Рабочая программа дисциплины
Специальные главы направления (Д1)**

Рабочая программа дисциплины "Специальные главы направления" приведена в приложении 1.

**II. Рабочая программа дисциплины
Тепломассообмен (Д2)**

Рабочая программа дисциплины "Тепломассообмен" приведена в приложении 2.

**III. Рабочая программа дисциплины
Компьютерное моделирование теплофизических процессов (Д3)**

Рабочая программа дисциплины "Компьютерное моделирование теплофизических процессов" приведена в приложении 3.

**IV. Рабочая программа дисциплины
Теплообмен в энергетических установках (Д4)**

Рабочая программа дисциплины "Теплообмен в энергетических установках" приведена в приложении 4.

V. Правила аттестации обучающихся по модулю

Для семестровой аттестации обучающихся по модулю используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS.

Краткая информация о БРС приведена в табл. 1.

Таблица 1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 4		
<i>Специальные главы направления Самостоятельное изучение теоретического материала:</i>	40	80
<i>Специальные главы направления Зачет:</i>	10	20
Семестр: 5		
<i>Тепломассообмен Самостоятельное изучение теоретического материала:</i>	40	80
<i>Тепломассообмен Зачет:</i>	10	20
Семестр: 6		
<i>Дисциплина по выбору аспиранта Самостоятельное изучение теоретического материала: обсуждение с руководителем индивидуальной темы</i>	30	60
<i>Дисциплина по выбору аспиранта Экзамен:</i>	20	40

В таблице 2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения модуля.

Таблица 2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля		
		Зач. Д1	Зач. Д2	Экз. ДЗ-5
	ПК.1.В з1. знать основы теории теплообмена	+		
	ПК.1.В з2. знать основы теории тепломассообмена		+	
	ПК.1.В з3. знать основы теплообмена в энергетических установках			+
	ПК.1.В з4. знать основы компьютерного моделирования теплофизических процессов			+
	ПК.1.В у1. иметь навыки использования теории теплообмена	+		
	ПК.1.В у2. иметь навыки использования теории тепломассообмена		+	
	ПК.1.В у3. иметь навыки расчета теплообмена в энергетических установках			+
	ПК.1.В у4. иметь навыки использования компьютерного моделирования теплофизических процессов			+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

Приложение 1

Рабочая программа дисциплины Специальные главы направления

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция НГТУ: ПК.1.В способность осуществлять профессиональную деятельность в области теплофизики и теоретической теплотехники; в части следующих результатов обучения:
з1. знать основы теории теплообмена
у1. иметь навыки использования теории теплообмена

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Специальные главы направления</i>	
ПК.1.В.з1 знать основы теории теплообмена	
1.о тепломассоносимости в пристенных течениях.	Лекции; Самостоятельная работа
2.основы теории пограничного слоя.	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.1.В.у1 иметь навыки использования теории теплообмена	
3.проводить расчеты и исследования процессов переноса.	Лекции; Самостоятельная работа
4.методиками экспериментальных и теоретических расчетов пристенных течений.	Лекции; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения
Семестр: 4			
Дидактическая единица: основные законы движения жидкости и газа			
1. : законы переноса импульса, теплоты и вещества, дифференциальные уравнения движения, энергии и диффузии.	0	2	1
Дидактическая единица: ламинарное и турбулентное течения			
2. Ламинарный пограничный слой	0	3	1, 2
3. Турбулентный пограничный слой	0	3	1, 2
Дидактическая единица: теория пограничного слоя			
4. Понятие о пограничном слое, дифференциальные уравнения пограничного слоя (уравнения Прандтля), интегральные соотношения пограничного слоя, асимптотическая теория турбулентного пограничного слоя	0	4	2, 3, 4
5. Газовые завесы	0	2	2, 3, 4
6. Турбулентный пограничный слой с химическими реакциями	0	2	2, 3, 4
Дидактическая единица: экспериментальные методы исследования			

2. Некоторые дифференциальные модели турбулентности	0	2	4
---	---	---	---

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 4				
1	Подготовка к занятиям	1, 2	10	2
, подробная информация приведена в приложениях №1 №2 : Чичиндаев А. В. Тепломассообменные аппараты. Проектирование теплообменника-конденсатора [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. В. Чичиндаев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232768. - Загл. с экрана. Хромова И. В. Теплотехника [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180026. - Загл. с экрана. Горбачев М. В. Тепломассообмен [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс : [для студентов ФЛА направления 223200 - Техническая физика] / М. В. Горбачев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179036. - Загл. с экрана. Компьютерное моделирование процессов теплообмена : методические указания к лабораторным и расчетно-графическим работам для 3-4 курсов специальностей 223200.62, 160100.65 ФЛА по дисциплинам "Математическая физика" и "Компьютерное моделирование физических процессов" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; сост.: И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко]. - Новосибирск, 2013. - 22, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497				
2	Дополнительная учебная деятельность	1, 2, 3, 4	40	4
, подробная информация приведена в приложениях №1 №2 : Чичиндаев А. В. Тепломассообменные аппараты. Проектирование теплообменника-конденсатора [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. В. Чичиндаев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232768. - Загл. с экрана. Хромова И. В. Теплотехника [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180026. - Загл. с экрана. Горбачев М. В. Тепломассообмен [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс : [для студентов ФЛА направления 223200 - Техническая физика] / М. В. Горбачев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179036. - Загл. с экрана. Компьютерное моделирование процессов теплообмена : методические указания к лабораторным и расчетно-графическим работам для 3-4 курсов специальностей 223200.62, 160100.65 ФЛА по дисциплинам "Математическая физика" и "Компьютерное моделирование физических процессов" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; сост.: И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко]. - Новосибирск, 2013. - 22, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497				
3	Подготовка к аттестации	1, 2, 3, 4	28	4
, подробная информация приведена в приложениях №1 №2 : Чичиндаев А. В. Тепломассообменные аппараты. Проектирование теплообменника-конденсатора [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. В. Чичиндаев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232768. - Загл. с экрана. Хромова И. В. Теплотехника [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180026. - Загл. с экрана. Горбачев М. В. Тепломассообмен [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс : [для студентов ФЛА направления 223200 - Техническая физика] / М. В. Горбачев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179036. - Загл. с экрана. Компьютерное моделирование процессов теплообмена : методические указания к лабораторным и расчетно-графическим работам для 3-4 курсов специальностей 223200.62, 160100.65 ФЛА по дисциплинам "Математическая физика" и "Компьютерное моделирование физических процессов" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; сост.: И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко]. - Новосибирск, 2013. - 22, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Личный типовой сайт; Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ
Консультирование	e-mail; Личный типовой сайт; Среда электронного обучения НГТУ
Контроль	e-mail; Личный типовой сайт; Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС

6. Литература

Основная литература

1. Чичиндаев А. В. Компьютерное моделирование физических процессов [Электронный ресурс] : учебно-методический комплекс / А. В. Чичиндаев, Н. Н. Евтушенко, И. В. Хромова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM). - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208648. - Рег. свидетельство № 0321401427.
2. Теплопередача. [В 2 ч.]. Ч. 2 : [учебное пособие для вузов / В. С. Чередниченко и др.] ; под общ. ред. В. С. Чередниченко и А. И. Алифорова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 378 с. : ил., табл.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/cherednich.pdf>. - Доп. тит. л. англ..
3. Чичиндаев А. В. Тепломассообмен влажного воздуха в компактных пластинчато-ребристых теплообменниках : [монография] / А. В. Чичиндаев. - Новосибирск, 2012. - 297 с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178881. - Парал. тит. л. и огл. на англ. яз..
4. Чичиндаев А. В. Оптимизация компактных пластинчато-ребристых теплообменников. Теоретические основы : [учебное пособие] / А. В. Чичиндаев. - Новосибирск, 2017. - 434, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000236501
5. Чичиндаев А. В. Тепломассообменные аппараты. Проектирование теплообменника-конденсатора [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. В. Чичиндаев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232768. - Загл. с экрана.

Дополнительная литература

1. Волчков Э. П. Тепломассообмен в пристенных течениях : учебник / Э. П. Волчков, В. П. Лебедев. - Новосибирск, 2003. - 242 с. : ил.
2. Бекнев В. С. Газовая динамика. Механика жидкости и газа : учебник для вузов по спец. : "Турбостроение", "Инженерная теплофизика", "Тепловые двигатели". . . / В. С. Бекнев, В. М. Епифанов, А. И. Леонтьев и др. ; под общ. ред. А. И. Леонтьева. - М., 1997. - 671 с.
3. Волчков Э. П. Пристенные газовые завесы : [монография] / Э. П. Волчков ; отв. ред. В. П. Лебедев ; Акад. наук СССР, Ин-т теплофизики. - Новосибирск, 1983. - 238, [2] с. : ил., схемы
4. Лойцянский Л. Г. Курс теоретической механики. [В 2 т.]. Т. 1 : учебное пособие для вузов / Л. Г. Лойцянский, А. И. Лурье. - М., 1982. - 352 с. : схемы, черт.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>

7. Методическое и программное обеспечение

7.1 Методическое обеспечение

1. Компьютерное моделирование процессов теплообмена : методические указания к лабораторным и расчетно-графическим работам для 3-4 курсов специальностей 223200.62, 160100.65 ФЛА по дисциплинам "Математическая физика" и "Компьютерное моделирование физических процессов" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко]. - Новосибирск, 2013. - 22, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497
2. Хромова И. В. Теплотехника [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180026. - Загл. с экрана.
3. Горбачев М. В. Тепломассообмен [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс : [для студентов ФЛА направления 223200 - Техническая физика] / М. В. Горбачев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179036. - Загл. с экрана.

7.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Office
- 2 Intel Visual Fortran Compiler

8. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	использования для лекций и докладов о научных работах

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	выполнение самостоятельной научной работы

Приложение 2

Рабочая программа дисциплины Тепломассообмен

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция НГТУ: ПК.1.В способность осуществлять профессиональную деятельность в области теплофизики и теоретической теплотехники; в части следующих результатов обучения:
з2. знать основы теории тепломассообмена
у2. иметь навыки использования теории тепломассообмена

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
Тепломассообмен	
ПК.1.В.з2 знать основы теории тепломассообмена	
1.о физических механизмах переноса тепла	Самостоятельная работа
2.об основных приемах расчета переноса тепла и массы	Самостоятельная работа
3.закон переноса тепла в процессах теплопроводности	Самостоятельная работа
4.закон переноса тепла в процессах конвекции	Самостоятельная работа
5.закон диффузионного переноса массы	Самостоятельная работа
ПК.1.В.у2 иметь навыки использования теории тепломассообмена	
6.выполнять расчеты процессов переноса тепла теплопроводностью	Самостоятельная работа
7.выполнять расчеты процессов конвективного переноса тепла	Самостоятельная работа
8.выполнять расчеты процессов переноса тепла при фазовых переходах	Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы для самостоятельного изучения	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 5				
Дидактическая единица: Теплопроводность				
1. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности, граничные условия. Теплопроводность плоской и цилиндрической стенок при граничных условиях 1,2,3 рода. Нестационарная теплопроводность, условия подобия температурных полей, метод регулярного режима.	0	8	1, 2, 3, 6	самостоятельное изучение теоретического материала
Дидактическая единица: Конвективный теплообмен				

2. Конвективный теплообмен. Физические основы процессов теплоотдачи. Теория подобия физических явлений. Числа подобия. Понятие о теории пограничного слоя. Дифференциальные уравнения энергии, движения и сплошности в приближении пограничного слоя. Теплоотдача при внешнем обтекании тел. Теплоотдача плоской пластины при ламинарном и турбулентном погранслое. Теплоотдача при вынужденном течении в трубах каналах. Экспериментальные методы исследования теплоотдачи и методы расчета. Теплоотдача при свободном движении. Условия физического подобия процессов теплообмена при свободном движении.	0	10	1, 2, 4, 7	самостоятельное изучение теоретического материала
Дидактическая единица: Теплообмен при изменении агрегатного состояния				
3. Теплообмен при кипении и конденсации.	0	10	1, 2, 5, 8	самостоятельное изучение теоретического материала
Дидактическая единица: Теплообменные аппараты				
4. Теплообменные аппараты. Тепловая защита.	0	4	1, 2, 7, 8	самостоятельное изучение теоретического материала

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 5				
1	Дополнительная учебная деятельность	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	79	8
, подробная информация приведена в приложениях №1 №2 : Чичиндаев А. В. Тепломассообменные аппараты. Проектирование теплообменника-конденсатора [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. В. Чичиндаев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232768 . - Загл. с экрана. Горбачев М. В. Тепломассообмен [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс : [для студентов ФЛА направления 223200 - Техническая физика] / М. В. Горбачев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179036 . - Загл. с экрана.				
2	Подготовка к аттестации	1, 2, 3, 4	50	7
, подробная информация приведена в приложениях №1 №2 : Чичиндаев А. В. Тепломассообменные аппараты. Проектирование теплообменника-конденсатора [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. В. Чичиндаев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232768 . - Загл. с экрана. Горбачев М. В. Тепломассообмен [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс : [для студентов ФЛА направления 223200 - Техническая физика] / М. В. Горбачев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179036 . - Загл. с экрана.				
3	Самостоятельное изучение теоретического материала	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	34	2

Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.1, подробная информация приведена в приложениях №1 №2 : Горбачев М. В. Тепломассообмен [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс : [для студентов ФЛА направления 223200 - Техническая физика] / М. В. Горбачев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179036. - Загл. с экрана.

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ
Консультирование	e-mail; Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС
Контроль	e-mail; Личный типовой сайт
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС

6. Литература

Основная литература

1. Теплопередача. [В 2 ч.]. Ч. 2 : [учебное пособие для вузов / В. С. Чередниченко и др.] ; под общ. ред. В. С. Чередниченко и А. И. Алифорова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 378 с. : ил., табл.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/cherednich.pdf>. - Доп. тит. л. англ..
2. Чичиндаев А. В. Оптимизация компактных пластинчато-ребристых теплообменников. Теоретические основы : [учебное пособие] / А. В. Чичиндаев. - Новосибирск, 2017. - 434, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000236501
3. Чичиндаев А. В. Тепломассообменные аппараты. Проектирование теплообменника-конденсатора [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. В. Чичиндаев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232768. - Загл. с экрана.
4. Горбачев М. В. Тепломассообмен [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс : [для студентов ФЛА направления 223200 - Техническая физика] / М. В. Горбачев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179036. - Загл. с экрана.
5. Горбачев М. В. Специальные главы теории теплообмена [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для студентов 2 курса ФТФ] / М. В. Горбачев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185530. - Загл. с экрана.
6. Горбачев М. В. Специальные главы теории теплообмена [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для студентов 1 курса ФТФ] / М. В. Горбачев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185531. - Загл. с экрана.
7. Хромова И. В. Теплотехника [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180026. - Загл. с экрана.

Дополнительная литература

1. Термодинамика и теплопередача : методические указания и контрольные задания для 3-4 курсов специальности 07.02.00 "Техника и физика низких температур" заочного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Ю. В. Дьяченко]. - Новосибирск, 2000. - 26 с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000022801

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>

7. Методическое и программное обеспечение

7.1 Методическое обеспечение

1. Исследование процессов теплообмена : методические указания к лабораторным работам 2-3-го курса специальностей 160201, 160202, 160901, 160702, 280202, 140401 ФЛА ; специальностей 260501, 260202 ЭМФ ; специальностей 260601 МТФ всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. М. А. Пахомов, В. А. Спарин]. - Новосибирск, 2005. - 31, [1] с. : ил. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2005/3016.rar>
2. Тепловые машины : методические указания к лабораторным работам для 4 курса специальностей 140401 - "Техника и физика низких температур" и 160202 - "Системы жизнеобеспечения оборудования ЛА" ФЛА дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Дьяченко, М. В. Горбачев]. - Новосибирск, 2011. - 23, [2] с. : ил. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2011/11_4006.pdf
3. Теплопередача. Ч. 1 : методическое пособие для 2-3 курсов специальностей 160201, 160202, 160901, 160702, 280202, 140401 (направление 160100) ФЛА ; специальностей 260501, 260202, 080401 ЭМФ ; специальности 260601 МТФ всех форм обучения и ЗОТФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Дьяченко, М. С. Макаров, М. А. Пахомов]. - Новосибирск, 2010. - 42, [2] с. : ил. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/3944.pdf>
4. Тепломассообмен : методические указания к курсовой работе по дисциплине "Тепломассообмен" для 3 курса специальностей 160100 и 140401 дневного и заочного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Ю. В. Дьяченко]. - Новосибирск, 2008. - 28, [2] с. : ил., табл. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3550.rar>
5. Термодинамика и теплопередача : методические указания к лабораторным работам для 2-3 курсов специальностей 160201, 160202, 160901, 160702, 280202, 140401 ФЛА ; 260501, 260202 ЭМФ ; 190603, 260601 МТФ всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Ю. В. Дьяченко, М. А. Пахомов, В. А. Спарин]. - Новосибирск, 2007. - 28 с. : ил. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2007/3318.rar>
6. Горбачев М. В. Тепломассообмен [Электронный ресурс]. Ч. 2 : учебно-методическое пособие [для студентов 3 курса ФЛА специальности 223200 Техническая физика] / М. В. Горбачев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000184932. - Загл. с экрана.
7. Горбачев М. В. Тепломассообмен [Электронный ресурс]. Ч. 1 : учебно-методическое пособие [для студентов 2 курса ФЛА специальности 223200 Техническая физика] / М. В. Горбачев, А. П. Иванова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180103. - Загл. с экрана.

8. Тепломассообмен. Ч. 2 : методические указания к расчетно-графической работе по дисциплине "Тепломассообмен" для 3 курса специальности 223200 - "Техническая физика" ФЛА дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. М. В. Горбачев]. - Новосибирск, 2014. - 25, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа:
http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190513

9. Тепломассообмен. Ч. 1 : методические указания к расчетно-графической работе по дисциплине "Тепломассообмен" для 2 курса специальности 223200 - "Техническая физика" ФЛА дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: М. В. Горбачев, А. П. Иванова]. - Новосибирск, 2013. - 25, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа:
http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179338

7.2 Специализированное программное обеспечение

1 Intel Visual Fortran Compiler

2 Office

8. Материально-техническое обеспечение

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	выполнение самостоятельной научной работы

Приложение 3

Рабочая программа дисциплины
Компьютерное моделирование теплофизических процессов

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция НГТУ: ПК.1.В способность осуществлять профессиональную деятельность в области теплофизики и теоретической теплотехники; в части следующих результатов обучения:
з4. знать основы компьютерного моделирования теплофизических процессов
у4. иметь навыки использования компьютерного моделирования теплофизических процессов

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
---	---------------------------

Дисциплина по выбору аспиранта

ПК.1.В.з4 знать основы компьютерного моделирования теплофизических процессов	
1.о методах теоретического и экспериментального исследования в теплофизике, теплопередаче, гидравлике	Самостоятельная работа
2.о физико-математических моделях теплофизических процессов в области теплофизики и теоретической теплотехники	Самостоятельная работа
ПК.1.В.у4 иметь навыки использования компьютерного моделирования теплофизических процессов	
3.использовать прикладные пакеты программ по моделированию и расчету теплофизических процессов в области теплофизики и теоретической теплотехники	Самостоятельная работа
4.применения современной вычислительной техники и программного обеспечения для решения индивидуальной научной задачи	Самостоятельная работа
5.самостоятельно находить требуемую литературу, планировать процесс решения различных инженерных задач	Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы для самостоятельного изучения	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 6				
Дидактическая единица: прикладные задачи и методы моделирования в области теплофизики и теоретической теплотехники				
1. Введение	0	2	1	самостоятельное изучение теоретического материала
2. основные прикладные задачи и методы моделирования в области теплофизики и теоретической теплотехники	0	4	1, 2, 3	самостоятельное изучение теоретического материала
Дидактическая единица: особенности моделирования прикладных задач в области теплофизики и теоретической теплотехники				
3. особенности моделирования теплофизических процессов в системе "человек - тепловая защита - окружающая среда"	0	8	3, 4, 5	самостоятельное изучение теоретического материала
4. особенности моделирования теплофизических процессов в технике	0	8	3, 4, 5	самостоятельное изучение теоретического материала

5. Самостоятельное изучение теоретического материала.	0	32	1, 2, 3, 4	Самостоятельное изучение теоретического материала.
---	---	----	------------	--

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 6				
1	Дополнительная учебная деятельность	1, 2, 3, 4, 5	80	9
: Исследование влияния низких температур на систему термостабилизации человека : методические указания к лабораторным работам, курсовому и дипломному проектированию для 4-6 курсов ФЛА дневного отделения (специальность 160202 и программа магистерской подготовки 160100) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Чичиндаев, И. В. Хромова]. - Новосибирск, 2009. - 38, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2009/3748.pdf Хромова И. В. Теплотехника [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180026 . - Загл. с экрана. Чичиндаев А. В. Компьютерное моделирование физических процессов [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. В. Чичиндаев, Н. Н. Евтушенко, И. В. Хромова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180029 . - Загл. с экрана. Компьютерное моделирование процессов теплообмена : методические указания к лабораторным и расчетно-графическим работам для 3-4 курсов специальностей 223200.62, 160100.65 ФЛА по дисциплинам "Математическая физика" и "Компьютерное моделирование физических процессов" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко]. - Новосибирск, 2013. - 22, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497				
2	Подготовка к аттестации	1, 2, 3, 4, 5	25	4
: Исследование влияния низких температур на систему термостабилизации человека : методические указания к лабораторным работам, курсовому и дипломному проектированию для 4-6 курсов ФЛА дневного отделения (специальность 160202 и программа магистерской подготовки 160100) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Чичиндаев, И. В. Хромова]. - Новосибирск, 2009. - 38, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2009/3748.pdf Хромова И. В. Теплотехника [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180026 . - Загл. с экрана. Чичиндаев А. В. Компьютерное моделирование физических процессов [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. В. Чичиндаев, Н. Н. Евтушенко, И. В. Хромова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180029 . - Загл. с экрана. Компьютерное моделирование процессов теплообмена : методические указания к лабораторным и расчетно-графическим работам для 3-4 курсов специальностей 223200.62, 160100.65 ФЛА по дисциплинам "Математическая физика" и "Компьютерное моделирование физических процессов" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко]. - Новосибирск, 2013. - 22, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497				
3	Самостоятельное изучение теоретического материала	1, 2, 3, 4, 5	60	6
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.1 : Хромова И. В. Теплотехника [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180026 . - Загл. с экрана. Чичиндаев А. В. Компьютерное моделирование физических процессов [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. В. Чичиндаев, Н. Н. Евтушенко, И. В. Хромова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180029 . - Загл. с экрана. Компьютерное моделирование процессов теплообмена : методические указания к лабораторным и расчетно-графическим работам для 3-4 курсов специальностей 223200.62, 160100.65 ФЛА по дисциплинам "Математическая физика" и "Компьютерное моделирование физических процессов" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко]. - Новосибирск, 2013. - 22, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Портал НГТУ
Консультирование	e-mail; Портал НГТУ
Контроль	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС

6. Литература

Основная литература

1. Исследование влияния низких температур на систему термостабилизации человека : методические указания к лабораторным работам, курсовому и дипломному проектированию для 4-6 курсов ФЛА дневного отделения (специальность 160202 и программа магистерской подготовки 160100) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Чичиндаев, И. В. Хромова]. - Новосибирск, 2009. - 38, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2009/3748.pdf>
2. Теплопередача. [В 2 ч.]. Ч. 2 : [учебное пособие для вузов / В. С. Чередниченко и др.] ; под общ. ред. В. С. Чередниченко и А. И. Алифорова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 378 с. : ил., табл.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/cherednich.pdf>. - Доп. тит. л. англ..
3. Чичиндаев А. В. Компьютерное моделирование физических процессов [Электронный ресурс] : учебно-методический комплекс / А. В. Чичиндаев, Н. Н. Евтушенко, И. В. Хромова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM). - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208648. - Рег. свидетельство № 0321401427.
4. Чичиндаев А. В. Тепломассообменные аппараты. Проектирование теплообменника-конденсатора [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. В. Чичиндаев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232768. - Загл. с экрана.
5. Чичиндаев А. В. Оптимизация компактных пластинчато-ребристых теплообменников. Теоретические основы : [учебное пособие] / А. В. Чичиндаев. - Новосибирск, 2017. - 434, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000236501
6. Чичиндаев А. В. Тепломассообмен влажного воздуха в компактных пластинчато-ребристых теплообменниках : [монография] / А. В. Чичиндаев. - Новосибирск, 2012. - 297 с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178881. - Парал. тит. л. и огл. на англ. яз..
7. Исследование воздействия высотных факторов на человека : методические указания к лабораторным работам, курсовому и дипломному проектированию для специальностей 160100, 160202, 551013 для 4-6 курсов ФЛА дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. В. Чичиндаев, И. В. Фомичева]. - Новосибирск, 2006. - 74, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2006/chichind.rar>

8. Компьютерное моделирование работы системы термостабилизации человека в условиях низких температур : методические указания к лабораторным работам, курсовому и дипломному проектированию специальности 160202 и магистерской программы подготовки 160100 для 4-6 курсов ФЛА дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Чичиндаев, И. В. Хромова]. - Новосибирск, 2008. - 50, [1] с. : ил. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3567.rar>

Дополнительная литература

1. Дьяченко Ю. В. Системы жизнеобеспечения летательных аппаратов : учебное пособие для 2-4 курсов ФЛА (специальности 130100, 130300, 131100) дневного отделения / Ю. В. Дьяченко, В. А. Спарин, А. В. Чичиндаев. - Новосибирск, 2003. - 511 с. : ил., табл.
2. Дьяченко Ю. В. Расчет траектории полета катапультного кресла : учебное пособие [для 2-6 курсов ФЛА (спец. 131100) дневного отделения] / Ю. В. Дьяченко, А. В. Чичиндаев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2000. - 63 с. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/1999/1218/1218.zip>
3. Исследование теплообмена на начальном участке : лабораторные работы по курсам "Компьютерное моделирование теплофизических процессов" ... для 2-6 курсов (спец. 131100) фЛА дневного отд-ния / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. В. Чичиндаев]. - Новосибирск, 1997. - 50 с. : ил.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>

7. Методическое и программное обеспечение

7.1 Методическое обеспечение

1. Хромова И. В. Теплотехника [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180026. - Загл. с экрана.
2. Чичиндаев А. В. Компьютерное моделирование физических процессов [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. В. Чичиндаев, Н. Н. Евтушенко, И. В. Хромова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180029. - Загл. с экрана.
3. Компьютерное моделирование процессов теплообмена : методические указания к лабораторным и расчетно-графическим работам для 3-4 курсов специальностей 223200.62, 160100.65 ФЛА по дисциплинам "Математическая физика" и "Компьютерное моделирование физических процессов" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко]. - Новосибирск, 2013. - 22, [2] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000190497

7.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Office
- 2 Intel Visual Fortran Compiler

8. Материально-техническое обеспечение

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	выполнение самостоятельной научной работы

Приложение 4

Рабочая программа дисциплины Теплообмен в энергетических установках

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция НГТУ: ПК.1.В способность осуществлять профессиональную деятельность в области теплофизики и теоретической теплотехники; в части следующих результатов обучения:
з3. знать основы теплообмена в энергетических установках
у3. иметь навыки расчета теплообмена в энергетических установках

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Дисциплина по выбору аспиранта</i>	
ПК.1.В.з3 знать основы теплообмена в энергетических установках	
1.об основных параметрах, определяющих тепломассообменные процессы	Самостоятельная работа
2.методы защиты поверхностей от воздействия высокотемпературных потоков	Самостоятельная работа
ПК.1.В.у3 иметь навыки расчета теплообмена в энергетических установках	
3.проводить расчеты вихревых и циклонных камер	Самостоятельная работа
4.расчета аэродинамики и тепломассообмена в закрученных потоках	Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы для самостоятельного изучения	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 6				
Дидактическая единица: основные понятия и определения				
1. Классификация энергетических установок. Параметры, определяющие тепломассообменные процессы в установках. Температурный фактор, двухфазность, трехмерность, фазовые превращения и химические реакции.	0	3	1, 2	самостоятельное изучение теоретического материала
Дидактическая единица: теплообмен и массоперенос в энергетических установках				
2. Тепломассоперенос на поверхностях при наличии фазовых переходов, Испарение и конденсация. Конденсация парогазовых смесей.	0	3	1, 2	самостоятельное изучение теоретического материала
3. Тепломассообмен на химически реагирующих стенках. Кинетическое и диффузионное горение. Гомогенное горение. Пограничный слой с фронтом горения.	0	3	1, 2	самостоятельное изучение теоретического материала
Дидактическая единица: методы интенсификации теплообмена				

4. Методы защиты поверхностей от воздействия высокотемпературных потоков. Тепловые и газовые завесы. Влияние сжимаемости и неизотермичности. Теплообмен на поверхностях с завесами. Закрученные газовые завесы ж струи.	0	3	3, 4	самостоятельное изучение теоретического материала
5. Проблемы интенсификации телломассопереноса. Классификация методов усиления теплоотдачи. Взаимосвязь между аэродинамическим сопротивлением и теплопередачей.	0	3	3, 4	самостоятельное изучение теоретического материала
6. Интенсификация макрошероховатыми элементами. Методы выбора оптимальных режимов и геометрических параметров. Продольные пазы и ребра.	0	3	2, 3, 4	самостоятельное изучение теоретического материала

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 6				
1	Дополнительная учебная деятельность	1, 2	80	9
, подробная информация приведена в приложениях №1 №2 : Цветков Ф. Ф. Тепломассообмен : [учебное пособие для вузов по энергетическим специальностям] / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. - М., 2006. - 548, [1] с. : ил.				
2	Подготовка к аттестации	1, 2, 4	61	6
, подробная информация приведена в приложениях №1 №2 : Цветков Ф. Ф. Тепломассообмен : [учебное пособие для вузов по энергетическим специальностям] / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. - М., 2006. - 548, [1] с. : ил.				
3	Самостоятельное изучение теоретического материала	1, 2, 3, 4	22	4
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.1 , подробная информация приведена в приложениях №1 №2 : Цветков Ф. Ф. Тепломассообмен : [учебное пособие для вузов по энергетическим специальностям] / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. - М., 2006. - 548, [1] с. : ил.				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	Портал НГТУ; Социальные сети
Консультирование	e-mail
Контроль	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС

6. Литература

Основная литература

1. Чичиндаев А. В. Тепломассообмен влажного воздуха в компактных пластинчато-ребристых теплообменниках : [монография] / А. В. Чичиндаев. - Новосибирск, 2012. - 297 с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178881. - Парал. тит. л. и огл. на англ. яз..
2. Теплопередача. [В 2 ч.]. Ч. 2 : [учебное пособие для вузов / В. С. Чередниченко и др.]; под общ. ред. В. С. Чередниченко и А. И. Алифорова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 378 с. : ил., табл.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/cherednich.pdf>. - Доп. тит. л. англ..

Дополнительная литература

1. Волчков Э. П. Тепломассообмен в пристенных течениях : учебник / Э. П. Волчков, В. П. Лебедев. - Новосибирск, 2003. - 242 с. : ил.
2. Кутателадзе С. С. Аэродинамика и тепломассообмен в ограниченных вихревых потоках / С. С. Кутателадзе, Э. П. Волчков, В. И. Терехов ; отв. ред. Л. М. Берзин ; АН СССР, Ин-т теплофизики. - Новосибирск, 1987. - 282 с. : ил., граф.
3. Сборник задач по термодинамике и теплопередаче : [учебное пособие для авиац. вузов / А. В. Болгарский, В. И. Голдобеев, Н. С. Идиатуллин, Д. Ф. Толкачев]. - М., 1972. - 303, [1] с. : черт.
4. Кутателадзе С. С. Тепломассообмен и волны в газожидкостных системах / С. С. Кутателадзе, В. Е. Накоряков ; Акад. наук СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т теплофизики. - Новосибирск, 1984. - 301 с. : ил.
5. Адиутори Е. Ф. Новые методы в теплопередаче / Е. Ф. Адиутори ; пер. с англ. под ред А. И. Леонтьева. - М., 1977. - 228, [2] с. : ил.
6. Кутателадзе С. С. Анализ подобия в теплофизике / С. С. Кутателадзе ; отв. ред. Н. И. Ярыгина ; АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т теплофизики. - Новосибирск, 1982. - 279, [1] с. : ил.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>

7. Методическое и программное обеспечение

7.1 Методическое обеспечение

1. Цветков Ф. Ф. Тепломассообмен : [учебное пособие для вузов по энергетическим специальностям] / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. - М., 2006. - 548, [1] с. : ил.
2. Горбачев М. В. Тепломассообмен [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс : [для студентов ФЛА направления 223200 - Техническая физика] / М. В. Горбачев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179036. - Загл. с экрана.
3. Хромова И. В. Теплотехника [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / И. В. Хромова, Н. Н. Евтушенко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180026. - Загл. с экрана.

7.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Intel Visual Fortran Compiler
- 2 Office

8. Материально-техническое обеспечение

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	выполнение самостоятельной научной работы

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра технической теплофизики

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФЛА
д.т.н., профессор С.Д. Саленко
“ ____ ” _____ ____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**МОДУЛЯ "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам
дисциплины**

Дисциплина по выбору аспиранта: Теплообмен в энергетических установках
Образовательная программа: 03.06.01 Физика и астрономия, профиль: Теплофизика и
теоретическая теплотехника

1. **Обобщенная структура фонда оценочных средств модуля "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины**

Обобщенная структура фонда оценочных средств по модулю "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины Дисциплина по выбору аспиранта: Теплообмен в энергетических установках приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.1.В способность осуществлять профессиональную деятельность в области теплофизики и теоретической теплотехники	з3. знать основы теплообмена в энергетических установках	Классификация энергетических установок. Параметры, определяющие теплообменные процессы в установках. Температурный фактор, двухфазность, трехмерность, фазовые превращения и химические реакции. Теплообмен на химически реагирующих стенках. Кинетическое и диффузионное горение. Гомогенное горение. Пограничный слой с фронтом горения. Теплообмен на поверхностях при наличии фазовых переходов, Испарение и конденсация. Конденсация парогазовых смесей.		Экзамен, 6 семестр, вопросы 1...20
ПК.1.В	у3. иметь навыки расчета теплообмена в энергетических установках	Интенсификация макрошероховатыми элементами. Методы выбора оптимальных режимов и геометрических параметров. Продольные пазы и ребра. Методы защиты поверхностей от воздействия высокотемпературных потоков. Тепловые и газовые завесы. Влияние сжимаемости и неизотермичности. Теплообмен на поверхностях с завесами. Закрученные газовые завесы ж струи. Проблемы интенсификации теплообмена. Классификация методов усиления теплоотдачи. Взаимосвязь между аэродинамическим сопротивлением и теплопередачей.		Экзамен, 6 семестр, вопросы 1...20

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках модуля "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины.

Промежуточная аттестация по модулю "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины проводится в 6 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.1.В.

Экзамен проводится в устной форме, по билетам

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе модуля "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ПК.1.В, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра технической теплофизики

Паспорт экзамена

по модулю "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины «Дисциплина по выбору аспиранта: Теплообмен в энергетических установках», 6 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1...20, второй вопрос – по теме самостоятельной научной работы (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФЛА

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Дисциплина по выбору аспиранта: Теплообмен в энергетических установках»

1. Вопрос 1
2. Вопрос 2.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись) (дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если аспирант при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет 0...19 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если аспирант при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет 20...28 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если аспирант

при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет 29...34 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если аспирант при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 35...40 баллов.

3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 20 баллов (из 40 возможных).

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Дисциплина по выбору аспиранта: Теплообмен в энергетических установках»

1. Классификация энергетических установок.
2. Параметры, определяющие тепломассообменные процессы в установках.
3. Тепломассоперенос на поверхностях при наличии фазовых переходов.
4. Испарение и конденсация.
5. Методы защиты поверхностей от воздействия высокотемпературных потоков.
6. Тепловые и газовые завесы.
7. Закрученные газовые завесы и струи.
8. Проблемы интенсификации тепломассопереноса.
9. Классификация методов усиления теплоотдачи.
10. Методы выбора оптимальных режимов и геометрических параметров.
11. Аэродинамика и тепломассообмен в закрученных потоках.
12. Области применения закрученных потоков.
13. Вихревые и циклонные камеры.
14. Двухфазные течения.
15. Газожидкостные системы.
16. Аналогия барботажа и кипения.
17. Теплообменные аппараты. Классификация.
18. Интенсификация теплообмена.
19. Компактные теплообменники.
20. Теплообменники с фазовыми переходами.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра технической теплофизики

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФЛА
д.т.н., профессор С.Д. Саленко
“ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**МОДУЛЯ "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам
дисциплины**

Специальные главы направления

Образовательная программа: 03.06.01 Физика и астрономия, профиль: Теплофизика и
теоретическая теплотехника

1. **Обобщенная структура фонда оценочных средств модуля "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины**

Обобщенная структура фонда оценочных средств по модулю "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины Специальные главы направления приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.1.В способность осуществлять профессиональную деятельность в области теплофизики и теоретической теплотехники	з1. знать основы теории теплообмена	: законы переноса импульса, теплоты и вещества, дифференциальные уравнения движения, энергии и диффузии. Газовые завесы Ламинарный пограничный слой Понятие о пограничном слое, дифференциальные уравнения пограничного слоя (уравнения Прандтля), интегральные соотношения пограничного слоя, асимптотическая теория турбулентного пограничного слоя Турбулентный пограничный слой Турбулентный пограничный слой с химическими реакциями		Зачет, 4 семестр, вопросы 1...10
ПК.1.В	у1. иметь навыки использования теории теплообмена	Газовые завесы Некоторые дифференциальные модели турбулентности Понятие о пограничном слое, дифференциальные уравнения пограничного слоя (уравнения Прандтля), интегральные соотношения пограничного слоя, асимптотическая теория турбулентного пограничного слоя Турбулентный пограничный слой с химическими реакциями		Зачет, 4 семестр вопросы 11...20

2. **Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках модуля "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины.**

Промежуточная аттестация по модулю "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины проводится в 4 семестре - в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.1.В.

Зачет проводится в устной форме, по билетам

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе модуля "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ПК.1.В, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра технической теплофизики

Паспорт зачета

по модулю "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам
дисциплины «Специальные главы направления», 4 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1...10, второй вопрос из диапазона вопросов 11-20 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать аспиранту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФЛА

Билет № _____

к зачету по дисциплине «Специальные главы направления»

1. Вопрос 1
2. Вопрос 2.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись) (дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если аспирант при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *0...9 баллов*.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если аспирант при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *10...12 баллов*.
- Ответ на билет для зачета билет засчитывается на **базовом** уровне, если аспирант при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить

качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *13...16 баллов*.

- Ответ на билет для зачета билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если аспирант при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *17...20 баллов*.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Специальные главы направления»

1. Законы переноса импульса, теплоты и вещества
2. Дифференциальные уравнения движения, энергии и диффузии
3. Ламинарное и турбулентное течения
4. Понятие о пограничном слое
5. Дифференциальные уравнения пограничного слоя (уравнения Прандтля)
6. Интегральные соотношения пограничного слоя
7. Методы расчета ламинарного пограничного слоя
8. Пограничный слой на плоской пластине. Решение Блазиуса
9. Связь между трением, теплоотдачей и диффузией. Тройная аналогия
10. Трение и теплообмен при ламинарном течении на плоской стенке. Метод Кармана-Польгаузена
11. Переход ламинарного течения в турбулентное
12. Осредненное и пульсационное движения. Дифференциальные уравнения турбулентного пограничного слоя (уравнения Рейнольдса)
13. Решение интегральных соотношений турбулентного пограничного слоя
14. Предельные относительные законы трения и тепломассообмена
15. Обтекание непроницаемой стенки. Влияние неизотермичности и сжимаемости газа
16. Эффективность газовых завес при обтекании адиабатической поверхности
17. Теплообмен в области газовой завесы
18. Теплообмен в пристенной струе
19. Газовая завеса с переменными физическими свойствами
20. Тепломассообмен на реагирующей поверхности

1. **Обобщенная структура фонда оценочных средств модуля "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины**

Обобщенная структура фонда оценочных средств по модулю **"Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины** Теплообмен приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.1.В способность осуществлять профессиональную деятельность в области теплофизики и теоретической теплотехники	з2. знать основы теории теплообмена	Конвективный теплообмен. Физические основы процессов теплоотдачи. Теория подобия физических явлений. Числа подобия. Понятие о теории пограничного слоя. Дифференциальные уравнения энергии, движения и сплошности в приближении пограничного слоя. Теплоотдача при внешнем обтекании тел. Теплоотдача плоской пластины при ламинарном и турбулентном погранслое. Теплоотдача при вынужденном течении в трубах каналах. Экспериментальные методы исследования теплоотдачи и методы расчета. Теплоотдача при свободном движении. Условия физического подобия процессов теплообмена при свободном движении. Теплообмен при кипении и конденсации. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности, граничные условия. Теплопроводность плоской и цилиндрической стенок при граничных условиях 1,2,3 рода. Нестационарная теплопроводность, условия подобия температурных полей, метод регулярного режима.		Зачет, 5 семестр, вопросы 1...14
ПК.1.В	у2. иметь навыки использования теории теплообмена	Конвективный теплообмен. Физические основы процессов теплоотдачи. Теория подобия физических явлений. Числа подобия. Понятие о теории пограничного слоя. Дифференциальные уравнения энергии, движения и сплошности в приближении пограничного слоя.		Зачет, 5 семестр, вопросы 15...28

		Теплоотдача при внешнем обтекании тел. Теплоотдача плоской пластины при ламинарном и турбулентном пограничном слое. Теплоотдача при вынужденном течении в трубах каналах. Экспериментальные методы исследования теплоотдачи и методы расчета. Теплоотдача при свободном движении. Условия физического подобия процессов теплообмена при свободном движении. Теплообмен при кипении и конденсации. Теплообменные аппараты. Тепловая защита. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности, граничные условия. Теплопроводность плоской и цилиндрической стенок при граничных условиях 1,2,3 рода. Нестационарная теплопроводность, условия подобия температурных полей, метод регулярного режима.		
--	--	--	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках модуля "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины.

Промежуточная аттестация по модулю "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины проводится в 5 семестре - в форме зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.1.В.

Зачет проводится в устной форме, по билетам

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе модуля "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ПК.1.В, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра технической теплофизики

Паспорт зачета

по модулю "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам
дисциплины «Тепломассообмен», 5 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1...14, второй вопрос из диапазона вопросов 15-28 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать аспиранту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФЛА

Билет № _____
к зачету по дисциплине «Тепломассообмен»

1. Вопрос 1
2. Вопрос 2.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись) (дата)

2. Критерии оценки

3. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если аспирант при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет 0...9 баллов.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если аспирант при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет 10...12 баллов.

- Ответ на билет для зачета билет засчитывается на **базовом** уровне, если аспирант при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *13...16 баллов*.
- Ответ на билет для зачета билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если аспирант при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *17...20 баллов*.

4. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

5. Вопросы к зачету по дисциплине «Тепломассообмен»

1. Расчет теплообмена при свободной конвекции
2. Изотермы и их свойства. Градиент температуры.
3. Дифференциальное уравнение энергии конвективного теплообмена.
4. Теплопроводность плоской стенки при ГУ 1-го рода.
5. Теплопроводность плоской стенки при ГУ 3-го рода.
6. Теплопроводность многослойной плоской стенки ГУ 1-го рода.
7. Теплопроводность цилиндрической стенки при ГУ 1-го рода.
8. Теплопроводность цилиндрической стенки при ГУ 3-го рода
9. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки при ГУ 1-го рода.
10. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки при ГУ 3-го рода.
11. Гидродинамический пограничный слой.
12. Механизм теплообмена при свободной конвекции.
13. Числа подобия: Re , Nu , Gr , Pr . Их физический смысл.
14. Вынужденная конвекция.
15. Ламинарный и турбулентный режим течения.
16. Коэффициенты теплоотдачи. Физический смысл.
17. Участок гидродинамической и тепловой стабилизации.
18. Коэффициент восстановления при обтекании плоской пластины.
19. Закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи.
20. Турбулентное течение жидкости (газа).
21. Теплообмен при течении в трубах.
22. Теплообмен в закрытом зазоре.
23. Температура заторможенного потока.
24. Критический диаметр тепловой изоляции.
25. Тепловой пограничный слой.
26. Критериальные уравнения теплообмена при ламинарном и турбулентном течении.
27. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
28. Основы теории пограничного слоя.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра технической теплофизики

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФЛА
д.т.н., профессор С.Д. Саленко
“ ____ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

МОДУЛЯ

**Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)
в составе дисциплин:**

**Специальные главы направления
Тепломассообмен**

**Дисциплина по выбору аспиранта: Компьютерное моделирование теплофизических
процессов; Теплообмен в энергетических установках**

Образовательная программа: 03.06.01 Физика и астрономия, профиль: Теплофизика и
теоретическая теплотехника

1. **Обобщенная структура фонда оценочных средств модуля**

Обобщенная структура фонда оценочных средств по **модулю** Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль) в составе дисциплин: Специальные главы направления, Тепломассообмен

Дисциплина по выбору аспиранта: Компьютерное моделирование теплофизических процессов; Теплообмен в энергетических установках приведены в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Дисциплины
ПК.1.В способность осуществлять профессиональную деятельность в области теплофизики и теоретической теплотехники	з1. знать основы теории теплообмена	Дисциплина:"Специальные главы направления
ПК.1.В	з2. знать основы теории тепломассообмена	Дисциплина:"Тепломассообмен
ПК.1.В	з3. знать основы теплообмена в энергетических установках	Дисциплина:"Теплообмен в энергетических установках
ПК.1.В	з4. знать основы компьютерного моделирования теплофизических процессов	Дисциплина:"Компьютерное моделирование теплофизических процессов
ПК.1.В	у1. иметь навыки использования теории теплообмена	Дисциплина:"Специальные главы направления
ПК.1.В	у2. иметь навыки использования теории тепломассообмена	Дисциплина:"Тепломассообмен
ПК.1.В	у3. иметь навыки расчета теплообмена в энергетических установках	Дисциплина:"Теплообмен в энергетических установках
ПК.1.В	у4. иметь навыки использования компьютерного моделирования теплофизических процессов	Дисциплина:"Компьютерное моделирование теплофизических процессов

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках модуля.

Промежуточная аттестация по **модулю** проводится в 4 семестре - в форме зачета, в 5 семестре - в форме зачета, в 6 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.1.В.

Зачет и экзамен проводится в устной форме, по билетам

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе модуля.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ПК.1.В, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание дисциплин освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой модуля учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание дисциплин освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой модуля учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание дисциплин освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой модуля учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание дисциплин освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой модуля учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра технической теплофизики

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФЛА
д.т.н., профессор С.Д. Саленко
“ ____ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

МОДУЛЯ

**Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)
в составе дисциплин:**

**Специальные главы направления
Тепломассообмен**

**Дисциплина по выбору аспиранта: Компьютерное моделирование теплофизических
процессов; Теплообмен в энергетических установках**

Образовательная программа: 03.06.01 Физика и астрономия, профиль: Теплофизика и
теоретическая теплотехника

1. **Обобщенная структура фонда оценочных средств модуля**

Обобщенная структура фонда оценочных средств по **модулю** Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль) в составе дисциплин: Специальные главы направления, Тепломассообмен

Дисциплина по выбору аспиранта: Компьютерное моделирование теплофизических процессов; Теплообмен в энергетических установках приведены в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Дисциплины
ПК.1.В способность осуществлять профессиональную деятельность в области теплофизики и теоретической теплотехники	з1. знать основы теории теплообмена	Дисциплина:"Специальные главы направления
ПК.1.В	з2. знать основы теории тепломассообмена	Дисциплина:"Тепломассообмен
ПК.1.В	з3. знать основы теплообмена в энергетических установках	Дисциплина:"Теплообмен в энергетических установках
ПК.1.В	з4. знать основы компьютерного моделирования теплофизических процессов	Дисциплина:"Компьютерное моделирование теплофизических процессов
ПК.1.В	у1. иметь навыки использования теории теплообмена	Дисциплина:"Специальные главы направления
ПК.1.В	у2. иметь навыки использования теории тепломассообмена	Дисциплина:"Тепломассообмен
ПК.1.В	у3. иметь навыки расчета теплообмена в энергетических установках	Дисциплина:"Теплообмен в энергетических установках
ПК.1.В	у4. иметь навыки использования компьютерного моделирования теплофизических процессов	Дисциплина:"Компьютерное моделирование теплофизических процессов

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках модуля.

Промежуточная аттестация по **модулю** проводится в 4 семестре - в форме зачета, в 5 семестре - в форме зачета, в 6 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.1.В.

Зачет и экзамен проводится в устной форме, по билетам

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе модуля.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ПК.1.В, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание дисциплин освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой модуля учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание дисциплин освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой модуля учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание дисциплин освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой модуля учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание дисциплин освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой модуля учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра Технической теплофизики

ПРОГРАММА - МИНИМУМ

кандидатского экзамена по специальности

01.04.14 - Теплофизика и теоретическая теплотехника

Степень: кандидат наук

Отрасль науки: технические науки

по модулю Теплофизика и теоретическая теплотехника
(наименование дисциплины)

ОСНОВНАЯ ПРОГРАММА

Введение

В основу данной программы положены следующие дисциплины: теплофизические свойства веществ, термодинамические процессы, процессы переноса тепла и массы в сплошных и разреженных гомогенных и гетерогенных средах.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования Российской Федерации по энергетике, электрификации и энергетическому машиностроению при участии Объединенного института высоких температур РАН.

1. Термодинамика

Термодинамика и ее метод. Параметры состояния. Понятие о термодинамическом процессе. Идеальный газ. Законы идеального газа. Смеси идеальных газов.

Первый закон термодинамики. Теплота. Опыт Джоуля. Эквивалентность теплоты и работы. Закон сохранения и превращения энергии. Внутренняя энергия и внешняя работа. Энтальпия. Обобщенные силы и обобщенные координаты. Уравнение первого закона термодинамики.

Второй закон термодинамики. Циклы. Понятие термического КПД. Источники теплоты. Обратимые и необратимые процессы. Формулировка второго закона термодинамики. Цикл Карно. Теорема Карно. Термодинамическая шкала температур. Энтропия. Изменение энтропии в необратимых процессах. Объединенное уравнение первого и второго законов термодинамики. Энтропия и термодинамическая вероятность.

Дифференциальные уравнения термодинамики. Основные математические методы термодинамики. Уравнение Максвелла. Частные производные внутренней энергии и энтальпии. Теплоемкости.

Равновесие термодинамических систем и фазовые переходы. Гомогенные и гетерогенные термодинамические системы. Термодинамическое равновесие. Условия фазового равновесия. Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона—Клаузиуса. Фазовые переходы при искривленных поверхностях раздела.

Термодинамические свойства веществ. Термические и калорические свойства жидкостей. Критическая точка. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Термические и калорические свойства реальных газов и влажного воздуха. Уравнение состояния реальных газов. Термодинамические свойства веществ на линии фазовых переходов и в критической точке. Термодинамические свойства вещества в метастабильном состоянии.

Основные термодинамические процессы. Изохорный процесс. Изобарный процесс. Изотермический процесс. Политропные процессы. Дросселирование, эффект Джоуля—Томпсона. Адиабатическое расширение реального газа в вакуум (процесс Джоуля). Процесс смешения. Процессы сжатия в компрессоре.

Процессы истечения газов и жидкостей. Параметры торможения. Сопло, диффузор. Полное и статическое давление. Уравнение Бернулли. Число Маха. Показатель адиабаты.

Термодинамические циклы. Термический КПД. Эксергия. Циклы Карно, Отто, Дизеля, Брайтона, Ренкина. Регенерация теплоты в цикле.

Холодильные циклы. Обратные тепловые циклы и процессы. Холодильные установки. Цикл воздушной холодильной установки. Цикл парокомпрессионной холодильной установки. Цикл парожеткотной холодильной установки. Понятие о цикле абсорбционной холодильной установки. Цикл термоэлектрической холодильной установки. Принцип работы теплового насоса. Методы сжижения газов.

Основы химической термодинамики. Термохимия. Закон Гесса. Уравнения Кирхгофа. Химическое равновесие и второй закон термодинамики. Константы равновесия и степень диссоциации. Тепловой закон Нернста.

2. Тепло- и массообмен

Теплопроводность. Уравнение сохранения энергии, закон Фурье, краевые условия задач теплопроводности. Механизм теплопроводности веществ в твердом (кристаллическом и аморфном), жидком и газообразном состояниях. Теплопроводность через плоскую стенку. Число Био. Коэффициент теплопередачи. Теплопроводность через цилиндрическую стенку, критический диаметр изоляции. Нестационарное температурное поле в плоской пластине, регулярный режим охлаждения (нагрева) тел. Метод перемножения решений.

Конвективный теплообмен в однокомпонентной среде. Уравнения сохранения массы, импульса и энергии в сплошной среде. Эмпирические законы переноса (Ньютона, Фурье, Фика). Приведение уравнений к безразмерному виду, критерии подобия. Физический смысл чисел подобия конвективного тепло- и массообмена. Тройная аналогия.

Теплообмен при внешнем обтекании тела. Система уравнений теплового пограничного слоя. Анализ теплообмена при ламинарном течении в пограничном слое методами размерностей. Автомодельное решение Польгаузена. Соотношения для расчета теплообмена при различных числах Прандтля. Условные толщины пограничного слоя. Интегральные уравнения импульса и энергии.

Переход ламинарного течения в турбулентное, влияние на турбулентный переход параметров набегающего потока, массовых сил, характеристик обтекаемой поверхности. Теоретические и экспериментальные аспекты перехода ламинарного течения в

турбулентное. Осредненные уравнения движения и энергии для турбулентного течения. Кажущиеся напряжения турбулентного трения, турбулентный тепловой поток. Структура пристенной турбулентной области. Аналогия Рейнольдса для теплообмена при турбулентном течении в пограничном слое, ее модернизированный вариант (двухслойная схема), расчетные соотношения для теплоотдачи. Конвективный теплообмен при высоких скоростях течения. Адиабатическая температура стенки, коэффициент восстановления, методы расчета теплоотдачи. Теплообмен на проницаемой поверхности. Теплообмен при поперечном обтекании одиночного цилиндра и пучков труб.

Теплообмен при течении жидкости в каналах. Математическое описание, среднемассовая скорость и температура. Стабилизированный теплообмен при граничных условиях 2-го рода. Профили скорости, температуры, теплового потока при ламинарном и турбулентном течении, интеграл Лайона. Теплообмен при ламинарном течении жидкости в начальном термическом участке круглой трубы. Начальный гидродинамический участок. Стабилизированный теплообмен при ламинарном течении. Стабилизированный теплообмен при турбулентном течении, результаты исследований для неметаллических жидкостей и жидких металлов, расчетные формулы. Влияние переменности свойств жидкости на теплообмен при течении капельных жидкостей и газов в трубах.

Теплообмен при свободной конвекции. Механизм и математическое описание, приближение Буссинеска. Развитие пограничного слоя на вертикальной плоской поверхности, расчет коэффициента теплоотдачи. Свободная конвекция на поверхности горизонтального цилиндра и сферы. Свободная конвекция в замкнутых объемах; теплопередача через прослойку.

Теплообмен при фазовых превращениях. Математическое описание и модели двухфазных сред. Универсальные условия совместности на межфазных границах. Специальные условия совместности для процессов тепло- и массообмена. Неравновесность на межфазных границах, квазиравновесное приближение.

Пленочная и капельная конденсация. Теплообмен при пленочной конденсации на вертикальной поверхности: решение Нуссельта, анализ основных допущений. Конденсация на поверхности горизонтального цилиндра. Конденсация движущегося пара. Качественные закономерности капельной конденсации.

Кипение жидкостей. Условия зарождения парового зародыша в объеме перегретой жидкости и на твердой поверхности нагрева. Основные закономерности роста и отрыва паровых пузырьков. «Кривая кипения». Теплообмен при пузырьковом кипении в большом объеме, теплообмен при пленочном кипении. Кризисы кипения в большом объеме.

Режимы течения двухфазных потоков в трубах. Характер изменения среднемассовой температуры жидкости, температуры стенки, расходного массового паросодержания по длине обогреваемого канала. Кипение жидкости, недогретой до температуры насыщения. Кризис теплоотдачи при кипении в трубах.

Совместные процессы тепло- и массопереноса. Общая характеристика процессов переноса массы и энергии. Состав смеси, диффузионные потоки, коэффициент диффузии. Перенос энергии и импульса в смеси.

Аналогия процессов тепло- и массообмена. Расчет интенсивности переноса энергии и массы компонента при умеренных и высоких скоростях массообмена.

Тепло- и массообмен при химических превращениях. Диффузия, сопровождаемая гомогенной или гетерогенной химической реакцией. Процессы на поверхности тела, обтекаемого гиперзвуковым потоком газа.

Сублимация поверхности тела, обтекаемого высокотемпературным газовым потоком. Коэффициент аккомодации. Зависимость скорости сублимации от температуры поверхности тела.

Термическое разложение тела, обтекаемого высокотемпературным потоком химически активного газа.

Химическое взаимодействие на поверхности тела, обтекаемого высокотемпературным газовым потоком.

Разрушение композиционных материалов в высокотемпературном газовом потоке. Взаимодействие процессов горения и испарения.

Теплообмен излучением. Основные понятия и законы излучения. Природа излучения. Интегральная и спектральная плотности потока излучения. Поглощательная, отражательная и пропускательная способности тел. Абсолютно черное тело.

Законы теплового излучения (Планка, Вина, Стефана—Больцмана, Кирхгофа, Ламберта). Излучение реальных тел. Радиационные свойства реальных материалов.

Теплообмен излучением в диатермичной среде. Геометрия излучения (локальные и средние угловые коэффициенты). Зональный метод расчета теплообмена в системе тел, разделенных прозрачной средой.

Теплообмен излучением в поглощающих и излучающих средах. Излучение и поглощение в газах. Основной закон переноса энергии излучения в излучающе-поглощающей среде. Собственное излучение газа. Методы расчета теплообмена.

3. Основы расчета теплообменных аппаратов и средств тепловой защиты

Современные теплообменные системы: парогенераторы тепловых электрических станций, ядерные энергетические реакторы, камеры сгорания ракетных двигателей, бланкет термоядерного реактора. Теплообменные аппараты: рекуперативные, регенеративные, смесительные.

Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Средний температурный напор. Расчет поверхности теплообмена, конечной температуры теплоносителей. Основы гидравлического расчета теплообменников. Определение мощности, затрачиваемой на прокачку теплоносителей.

Особенности выбора средств и методов тепловой защиты. Способы тепловой защиты от конвективного и совместного (конвективно-лучистого) нагрева.

Проникающее охлаждение. Эффект вдува. Теплообмен между пористой матрицей и фильтрующимся охладителем.

Список литературы

Основной список

1. Ансельм А. И. Основы статистической физики и термодинамики : [учебное пособие для вузов по физическим и техническим направлениям и специальностям] / А. И. Ансельм. - СПб., 2007. - 423, [3] с. : ил.
2. Теплопередача. Ч. 1 : [учебное пособие] / [В. С. Чередниченко [и др.] ; под ред. В. С. Чередниченко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 231 с. : ил.. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".
3. Теплопередача. [В 2 ч.]. Ч. 2 : [учебное пособие / В. С. Чередниченко и др.] ; под общ. ред.: В. С. Чередниченко и А. И. Алиферова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 378 с. : ил., табл.. - Инновационная образовательная программа НГТУ «Высокие технологии»
4. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: Учебное пособие для вузов. 2-е изд., исп. и доп. - М: Издательство МЭИ. – 2005.
5. Волчков Э. П. Тепломассообмен в пристенных течениях : учебник / Э. П. Волчков, В. П. Лебедев. - Новосибирск, 2003. - 242 с. : ил.
6. Терехов В. И. Тепломассоперенос и гидродинамика в газодапельных потоках : [монография] / В. И. Терехов, М. А. Пахомов. - Новосибирск, 2008. - 283 с. : ил.
7. Чичиндаев А. В. Тепломассообмен влажного воздуха в компактных пластинчато-ребристых теплообменниках / А. В. Чичиндаев. - Новосибирск, 2009. - 297 с. : ил.

Дополнительный список

1. Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.
2. Болгарский А. В. Термодинамика и теплопередача : [учебник для авиационных специальностей вузов] / А. В. Болгарский, Г. А. Мухачев, В. К. Щукин. - М., 1975. - 495 с. : ил., схемы
3. Базаров И. П. Термодинамика : Учебник для физ. спец. ун-тов. - М., 1983. - 344 с. : ил.
4. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи – М.: Энергия, 1977. – 343 с.
5. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Атомиздат, 1979. – 416 с.
6. Кутателадзе С.С., Леонтьев А.И. Тепломассообмен и трение в турбулентном пограничном слое. 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 320 с.
7. Чичиндаев А. В. Оптимизация компактных пластинчато-ребристых теплообменников. Ч. 1 : учебное пособие [для 2-4 курсов ФЛА (направления 551000, 551013, 551014, специальности 130100, 130300, 131100) дневного отделения] / А. В. Чичиндаев. - Новосибирск, 2003. - 399 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА

I. Техническая термодинамика

1. Основные термодинамические понятия. Термодинамические системы, окружающая среда, взаимодействие между ними. Равновесное состояние. Параметры (функции) состояния. Внутренняя энергия. Термодинамический процесс. Равновесные и неравновесные процессы.
2. Первый закон термодинамики как форма закона сохранения и превращения энергии. Виды энергии и формы обмена энергией. Механическая работа и другие виды работ. Теплота как форма обмена энергией. Выражение количества работ и теплоты в равновесных процессах через параметры системы и их изменение в бесконечно малых и конечных процессах. Работа и теплота как функция процессов. Понятие о термодинамических

координатах и потенциалах взаимодействия. Энтропия как термическая координата состояния. Основное термодинамическое равенство для равновесных процессов. Уравнение первого закона термодинамики для проточной системы. Энтальпия, работа проталкивания, техническая работа, располагаемая работа.

3. Уравнения состояния термодинамических систем. Термические и калорические уравнения состояния. Общие свойства уравнений состояния. Термические коэффициенты: изотермической сжимаемости, термической упругости, термического расширения. Условие механической стабильности. Понятие о термодинамической поверхности и линиях термодинамических процессов. Уравнения Клапейрона-Менделеева и Ван-дер-Ваальса как примеры уравнений состояния.
4. Понятие теплоемкости. Зависимость теплоемкости от характера термодинамического процесса. Выражение изохорной и изобарной теплоемкостей через производные от энергии и энтальпии по температуре. Мольная, массовая и объемная удельные теплоемкости. Зависимость теплоемкости идеальных газов от температуры. Истинная и средняя теплоемкости. Теплоемкость смеси идеальных газов.
5. Второй закон термодинамики. Термодинамическая обратимость и необратимость. Изменение энтропии в необратимых процессах. Термодинамическое неравенство. Условия взаимного превращения теплоты и работы в прямых и обратных термодинамических циклах. Термический коэффициент прямого цикла и холодильный коэффициент обратного цикла. Цикл и теорема Карно. Формулировки второго закона термодинамики. Термодинамическая шкала температур. Понятие о вероятности термодинамического состояния и связь вероятности состояния с энтропией.
6. Термодинамика твердых тел. Формула Дебая. Уравнение состояния и теплоемкость. Плавление.
7. Влияние необратимости на эффективность термодинамических циклов. Характеристические термодинамические функции. Понятие о характеристических термодинамических функциях. Характеристические функции как термодинамические потенциалы. Внутренняя энергия, энтальпия, изохорно-изотермический потенциал, изобарно-изотермический потенциал как характеристические функции. Возможность выражения термических и калорических свойств системы через характеристические функции. Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Соотношения Максвелла.
8. Дифференциальные соотношения термодинамики в частных производных. Дифференциальные выражения для внутренней энергии, энтальпии и энтропии через температуру, объем и давление как независимые переменные. Понятие о вычислении значений термодинамических функций идеального газа и реальных веществ. Внутренняя энергия, энтальпия и энтропия идеального газа. Дифференциальные соотношения для теплоемкостей. Связь между изобарной и изохорной теплоемкостями. Зависимость изобарной теплоемкости от давления и изохорной теплоемкости от объема. Использование данных о теплоемкостях для установления эмпирических уравнений состояния.
9. Термодинамическое равновесие. Сложные термодинамические системы с фазовой и химической неоднородностью. Основное уравнение термодинамики для сложной системы. Химический потенциал. Условия равновесия сложной системы при различных сопряжениях с окружающей средой. Принцип минимальности характеристических функций. Связь принципа минимальности с принципом возрастания энтропии в неравновесных процессах. Условия термодинамического равновесия в гомогенных химически неоднородных системах. Условия термодинамического равновесия в многофазных многокомпонентных системах. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы первого рода. Условия равновесия фаз. Критическая точка. Фазовые диаграммы чистого вещества. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Понятие о фазовых переходах второго рода. Термодинамическая теория Ландау фазовых переходов второго рода.

10. Термодинамические свойства чистых веществ. Качественные отличия свойств реальных газов от идеальных. Диаграмма Амага и точки Бойля. Изотермы Эндрюса. Критическое термодинамическое состояние. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Метастабильные состояния, правило Максвелла. Приведенные параметры состояния, приведенные уравнения Ван-дер-Ваальса. Принцип соответственных состояний и термодинамическое подобие. Понятие о коэффициенте сжимаемости и критическом коэффициенте. Понятие об общей форме уравнения состояния реальных газов - Майера-Боголюбова и о вириальных уравнениях состояния.
11. Неидеальные газы. Разложения по степеням плотности. Вириальные коэффициенты.
12. Термодинамические свойства веществ на линии фазовых переходов. Термодинамические свойства перегретого пара и влажного пара. Форма пограничных кривых. Понятие о методах расчета энтропии, энтальпии и внутренней энергии реальных веществ с использованием данных о термических свойствах. Термодинамические диаграммы состояния объем - давление, объем - температура, энтропия - энтальпия, давление - энтальпия.
13. Основные термодинамические процессы. Объем расчета термодинамического процесса. Процессы: изохронный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный. Определение параметров состояния, изменения термодинамических функций в процессе, количества теплоты, работы, располагаемой работы в случае идеального газа и реальных веществ.
14. Использование диаграмм для расчета процессов. Процессы смешения газов в потоке и в объеме.
15. Дросселирование. Описание процесса. Эффект Джоуля-Томсона. Дифференциальный и интегральный дроссель-эффекты. Точки и кривая инверсии.
16. Термодинамика одномерного потока. Основные допущения. Уравнение энергии потока в термической и механической формах. Адиабатическое течение без трения. Связь скорости течения с энтальпией, температурой и давлением в потоке. Параметры торможения. Течение по каналам переменного сечения. Критический перепад давления, переход через скорость звука. Сопло Лавала. Понятие об обращении воздействий. Исследование процессов течения газов и паров с помощью энтропийных диаграмм.
17. Термодинамический анализ работы компрессоров. Идеальный и реальный поршневой компрессоры. Работа привода компрессора. Многоступенчатые компрессоры. Выбор степени повышения давления в ступени. Изображение рабочих процессов компрессора в энтропийных диаграммах. Понятие о работе центробежных и осевых компрессоров. Влияние трения на показатели работы компрессора.
18. Силовые термодинамические циклы. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Влияние параметров циклов на их термический КПД. Цикл с внешним подводом тепла (Стирлинга). Циклы газотурбинных установок и реактивных двигателей. Регенеративные циклы, паросиловой цикл Ренкина. Влияние давления и перегрева пара на термический КПД. Понятие о теплофикационном цикле. Понятие о цикле МГД установки.
19. Холодильные (обратные) циклы. Циклы холодильной машины и теплового насоса. Показатели эффективности обратных циклов. Циклы воздушной и парокомпрессионной холодильных установок. Понятие о методах получения сжиженных газов.
20. Влажный воздух. Характеристики состояния влажного воздуха. Абсолютная и относительная влажность. Диаграмма состояний влажного воздуха. Подсчет параметров состояния влажного воздуха. Процессы нагревания, охлаждения, увлажнения и осушки.
21. Элементы химической термодинамики. Применение первого закона термодинамики к химическим процессам. Закон Гесса. Уравнение Кирхгофа. Применение условий термодинамического равновесия к химическим реакциям. Константа равновесия для гомогенных газовых реакций, закон действующих масс. Степень диссоциации и ее связь с константами равновесия. Термическая диссоциация, ионизация, возбуждение. Понятие о максимальной работе химической реакции. Понятие о тепловом законе Нернста.

II. Теплопроводность

1. Основные положения учения о теплопроводности. Тепловой поток. Методы изучения физических явлений. Гипотеза Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности для процессов теплопроводности.
2. Теплопроводность при стационарном режиме. Краевые задачи для простейших тел. Объемные и поверхностные источники тепла.
3. Передача тепла через плоскую стенку при граничных условиях I, II и III рода.
4. Передача тепла через цилиндрическую стенку при граничных условиях I, II и III рода. Критический диаметр цилиндрической стенки. Передача тепла через шаровую стенку. Обобщенный метод решения задач теплопроводности в плоской, цилиндрической и шаровой стенках. Теплопроводность в стержне постоянного поперечного сечения. Теплопередача через ребристую плоскую стенку. Теплопроводность плоской полуграниченной пластины. Теплопроводность пористой охлаждаемой пластины. Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла.
5. Нестационарные процессы теплопроводности. Методы решения линейных краевых задач. Простейшие задачи для конечных и бесконечных областей. Нестационарная теплопроводность неограниченной пластины. Определение количества тепла, отданного пластиной в процессе охлаждения. Нестационарная теплопроводность бесконечно длинного цилиндра. Определение количества тепла, отданного цилиндром в процессе охлаждения. Охлаждение шара. Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров. Регулярный режим охлаждения (нагрева) тел. Приближенные методы решения задач теплопроводности. Исследование процессов теплопроводности методом аналогий.
6. Нелинейные задачи теплопроводности. Автомодельные решения. Тепловые волны. Приближенные и численные методы решения задач теплопроводности. Явные и неявные конечно-разностные схемы.

III. Тепло- и массообмен

1. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена и массообмена и условия однозначности. Система уравнений гидродинамического, теплового и диффузионного пограничного слоя. Турбулентный перенос количества движения, тепла и массы.
2. Теория подобия и метод анализа размерностей в теплопередаче. Вывод критериев подобия и критериальных уравнений теплообмена. Условия подобия физических процессов. Метод анализа размерностей.
3. Теплообмен при свободной конвекции. Теплоотдача при свободном ламинарном движении вдоль вертикальной пластины. Теплоотдача при турбулентном движении. Теплоотдача при свободном движении около горизонтальной трубы. Теплообмен при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве.
4. Теплоотдача при вынужденном ламинарном течении жидкости. Ламинарное течение жидкости в трубе. Теплоотдача плоской пластины при постоянной температуре поверхности. Учет переменности физических параметров. Автомодельные решения уравнений ламинарного пограничного слоя. Приближенные методы для произвольных законов изменения скорости и температуры стенки. Интегральные соотношения импульсов и энергии. Закон теплообмена. Особенности теплообмена при течении газа со сверхзвуковыми скоростями. Коэффициент восстановления. Закон теплообмена.
5. Теплоотдача при вынужденном турбулентном течении жидкости. Переход ламинарного течения в турбулентное. Полуэмпирические теории турбулентности. Интегральное уравнение теплоотдачи для стабилизированного течения жидкости в трубе. Законы теплообмена для турбулентного пограничного слоя. Влияние переменных физических свойств на законы теплообмена. Теплообмен в турбулентном пограничном слое при

- внешнем обтекании тел. Гидродинамическая аналогия Рейнольдса. Влияние шероховатости на теплоотдачу.
6. Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб. Теплоотдача при поперечном омывании одиночной круглой трубы. Теплоотдача при поперечном омывании пучка труб.
 7. Теплоотдача в разреженных газах. Коэффициент аккомодации. Коэффициент скольжения. Области течения. Теплообмен в свободном молекулярном потоке и в области течения со скольжением.
 8. Теплообмен при конденсации пара. Пленочная и капельная конденсация. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара на вертикальной стенке. Конденсация на горизонтальной трубе. Теплообмен при пленочной конденсации движущегося пара внутри труб, на горизонтальных одиночных трубах и пучках труб. Теплообмен при конденсации пара из парогазовой смеси. Тройная аналогия между процессами переноса импульса, тепла и массы. Диффузионный пограничный слой. Теплообмен при капельной конденсации пара.
 9. Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей. Режимы кипения жидкости. Механизм процесса теплообмена при пузырьковом кипении жидкости. Возникновение активной паровой фазы. Отрывной диаметр пузыря. Скорость роста и частота отрыва пузырей от поверхности нагрева. Зависимость теплового потока от температурного напора. Зависимость теплоотдачи от давления и теплофизических свойств. Влияние скорости циркуляции. Теплоотдача при пузырьковом кипении жидкости в условиях свободного движения. Структура двухфазного потока и теплообмена при кипении жидкости внутри труб.
 10. Кризисы кипения. Механизм теплообмена при пленочном кипении жидкости. Теплоотдача при ламинарном движении паровой пленки. Теплоотдача при турбулентном движении паровой пленки.
 11. Тепло- и массообмен при химических превращениях. Основные сведения о химических превращениях. Система уравнений пограничного слоя. Теплообмен между газовой смесью и поверхностью раздела фаз. Тепло- и массообмен при сублимации и испарении с поверхности теплообмена.
 12. Теплообмен излучением. Основные законы теплового излучения. Закон Планка. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Закон Ламберта. Лучистый теплообмен между телами. Теплообмен излучением при наличии экранов. Излучение между телом и оболочкой. Теплообмен излучением между телами, произвольно расположенными в пространстве. Угловые коэффициенты излучения. Теплообмен в поглощающих и излучающих средах. Оптическая толщина среды и режимы излучения. Особенности излучения газов и паров. Лучистый теплообмен между газовой средой и оболочкой. Сложный теплообмен. Критерии радиационного подобия.
 13. Теплообменные аппараты. Тепловой расчет рекуперативных теплообменных аппаратов. Средняя разность температур и методы ее вычисления. Расчет конечных температур и методы ее вычисления. Расчет конечных температур рабочих жидкостей. Тепловой расчет регенеративных теплообменных аппаратов.

IV. Специальные вопросы теории тепло- и массообмена

1. Уравнения Навье-Стокса.
2. Обтекание пластины ламинарным потоком. Решение Блазиуса.
3. Ползущие течения. Ячейки Хил-Шоу.
4. Уравнения пограничного слоя Прандтля.
5. Уравнения пограничного слоя в интегральной форме. Метод Польгаузена.
6. Уравнения энергии пограничного слоя. Граничные условия $T_w = \text{const}$, $q_w = \text{const}$.
7. Тройная аналогия Рейнольдса.
8. Асимптотическая теория турбулентного пограничного слоя ($Re \rightarrow \infty$).

9. Модель пути смешения Прандтля. Модель турбулентности Кармана.
10. Пористый вдув вещества в пограничный слой. Критические параметры вдува.
11. Отсос пограничного слоя. Асимптотические параметры отсоса.
12. Совместное влияние неизотермичности и проницаемости поверхности.
13. Влияние неизотермичности и сжимаемости на сопротивление, тепломассоперенос.
14. Течение с продольным градиентом давления. Положительный и отрицательный градиент давления.
15. Диффузорные течения. Отрыв пограничного слоя.
16. Ускоренные потоки. Явление ламинаризации пограничного слоя.
17. Лучистый теплообмен. Степень черноты. Абсолютно черное тело.
18. Пристенные газовые завесы.
19. Пограничный слой за участком интенсивного теплообмена.
20. Щелевая газовая завеса.
21. Теплообмен при пленочной конденсации. Задача Нуссельта.
22. Пузырьковое и пленочное кипение. Кризисы теплоотдачи.
23. Влияние неконденсирующихся примесей на законы теплообмена.
24. Проблемы интенсификации теплообмена.
25. Влияние внешней турбулентности.
26. Течение и теплообмен в трубах.
27. Теплоотдача на начальном и стабилизированном участках.
28. Внешнее обтекание труб.
29. Параметры, характеризующие интенсификацию. Рост сопротивления.
30. Модели теплообменных устройств.
31. Компактные теплообменники.

Список литературы

Основной список

1. Ансельм А. И. Основы статистической физики и термодинамики : [учебное пособие для вузов по физическим и техническим направлениям и специальностям] / А. И. Ансельм. - СПб., 2007. - 423, [3] с. : ил.
2. Теплопередача. Ч. 1 : [учебное пособие] / [В. С. Чередниченко [и др.] ; под ред. В. С. Чередниченко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 231 с. : ил.. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".
3. Теплопередача. [В 2 ч.]. Ч. 2 : [учебное пособие / В. С. Чередниченко и др.] ; под общ. ред.: В. С. Чередниченко и А. И. Алиферова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 378 с. : ил., табл.. - Инновационная образовательная программа НГТУ «Высокие технологии»
4. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: Учебное пособие для вузов. 2-е изд., исп. и доп. - М: Издательство МЭИ. – 2005.
5. Волчков Э. П. Тепломассообмен в пристенных течениях : учебник / Э. П. Волчков, В. П. Лебедев. - Новосибирск, 2003. - 242 с. : ил.
6. Терехов В. И. Тепломассоперенос и гидродинамика в газокапельных потоках : [монография] / В. И. Терехов, М. А. Пахомов. - Новосибирск, 2008. - 283 с. : ил.
7. Чичиндаев А. В. Тепломассообмен влажного воздуха в компактных пластинчато-ребристых теплообменниках / А. В. Чичиндаев. - Новосибирск, 2009. - 297 с. : ил.

Дополнительный список

1. Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.
2. Болгарский А. В. Термодинамика и теплопередача : [учебник для авиационных специальностей вузов] / А. В. Болгарский, Г. А. Мухачев, В. К. Щукин. - М., 1975. - 495 с. : ил., схемы

3. Базаров И. П. Термодинамика : Учебник для физ. спец. ун-тов. - М., 1983. - 344 с. : ил.
4. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи – М.: Энергия, 1977. – 343 с.
5. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Атомиздат, 1979. – 416 с.
6. Кутателадзе С.С., Леонтьев А.И. Тепломассообмен и трение в турбулентном пограничном слое. 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 320 с.
7. Чичиндаев А. В. Оптимизация компактных пластинчато-ребристых теплообменников. Ч. 1 : учебное пособие [для 2-4 курсов ФЛА (направления 551000, 551013, 551014, специальности 130100, 130300, 131100) дневного отделения] / А. В. Чичиндаев. - Новосибирск, 2003. - 399 с.

Составитель _____ А.В. Чичиндаев

(подпись)

« ____ » _____ 20 ____ г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра Технической теплофизики

ПРОГРАММА - МИНИМУМ

кандидатского экзамена по специальности

01.04.14 - Теплофизика и теоретическая теплотехника

Степень: кандидат наук

Отрасль науки: технические науки

по модулю Теплофизика и теоретическая теплотехника
(наименование дисциплины)

ОСНОВНАЯ ПРОГРАММА

Введение

В основу данной программы положены следующие дисциплины: теплофизические свойства веществ, термодинамические процессы, процессы переноса тепла и массы в сплошных и разреженных гомогенных и гетерогенных средах.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования Российской Федерации по энергетике, электрификации и энергетическому машиностроению при участии Объединенного института высоких температур РАН.

1. Термодинамика

Термодинамика и ее метод. Параметры состояния. Понятие о термодинамическом процессе. Идеальный газ. Законы идеального газа. Смеси идеальных газов.

Первый закон термодинамики. Теплота. Опыт Джоуля. Эквивалентность теплоты и работы. Закон сохранения и превращения энергии. Внутренняя энергия и внешняя работа. Энтальпия. Обобщенные силы и обобщенные координаты. Уравнение первого закона термодинамики.

Второй закон термодинамики. Циклы. Понятие термического КПД. Источники теплоты. Обратимые и необратимые процессы. Формулировка второго закона термодинамики. Цикл Карно. Теорема Карно. Термодинамическая шкала температур. Энтропия. Изменение энтропии в необратимых процессах. Объединенное уравнение первого и второго законов термодинамики. Энтропия и термодинамическая вероятность.

Дифференциальные уравнения термодинамики. Основные математические методы термодинамики. Уравнение Максвелла. Частные производные внутренней энергии и энтальпии. Теплоемкости.

Равновесие термодинамических систем и фазовые переходы. Гомогенные и гетерогенные термодинамические системы. Термодинамическое равновесие. Условия фазового равновесия. Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона—Клаузиуса. Фазовые переходы при искривленных поверхностях раздела.

Термодинамические свойства веществ. Термические и калорические свойства жидкостей. Критическая точка. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Термические и калорические свойства реальных газов и влажного воздуха. Уравнение состояния реальных газов. Термодинамические свойства веществ на линии фазовых переходов и в критической точке. Термодинамические свойства вещества в метастабильном состоянии.

Основные термодинамические процессы. Изохорный процесс. Изобарный процесс. Изотермический процесс. Политропные процессы. Дросселирование, эффект Джоуля—Томпсона. Адиабатическое расширение реального газа в вакуум (процесс Джоуля). Процесс смешения. Процессы сжатия в компрессоре.

Процессы истечения газов и жидкостей. Параметры торможения. Сопло, диффузор. Полное и статическое давление. Уравнение Бернулли. Число Маха. Показатель адиабаты.

Термодинамические циклы. Термический КПД. Эксергия. Циклы Карно, Отто, Дизеля, Брайтона, Ренкина. Регенерация теплоты в цикле.

Холодильные циклы. Обратные тепловые циклы и процессы. Холодильные установки. Цикл воздушной холодильной установки. Цикл парокompрессионной холодильной установки. Цикл парозжекторной холодильной установки. Понятие о цикле абсорбционной холодильной установки. Цикл термоэлектрической холодильной установки. Принцип работы теплового насоса. Методы сжижения газов.

Основы химической термодинамики. Термохимия. Закон Гесса. Уравнения Кирхгофа. Химическое равновесие и второй закон термодинамики. Константы равновесия и степень диссоциации. Тепловой закон Нернста.

2. Тепло- и массообмен

Теплопроводность. Уравнение сохранения энергии, закон Фурье, краевые условия задач теплопроводности. Механизм теплопроводности веществ в твердом (кристаллическом и аморфном), жидком и газообразном состояниях. Теплопроводность через плоскую стенку. Число Био. Коэффициент теплопередачи. Теплопроводность через цилиндрическую стенку, критический диаметр изоляции. Нестационарное температурное поле в плоской пластине, регулярный режим охлаждения (нагрева) тел. Метод перемножения решений.

Конвективный теплообмен в однокомпонентной среде. Уравнения сохранения массы, импульса и энергии в сплошной среде. Эмпирические законы переноса (Ньютона, Фурье, Фика). Приведение уравнений к безразмерному виду, критерии подобия. Физический смысл чисел подобия конвективного тепло- и массообмена. Тройная аналогия.

Теплообмен при внешнем обтекании тела. Система уравнений теплового пограничного слоя. Анализ теплообмена при ламинарном течении в пограничном слое методами размерностей. Автомодельное решение Польгаузена. Соотношения для расчета теплообмена при различных числах Прандтля. Условные толщины пограничного слоя. Интегральные уравнения импульса и энергии.

Переход ламинарного течения в турбулентное, влияние на турбулентный переход параметров набегающего потока, массовых сил, характеристик обтекаемой поверхности. Теоретические и экспериментальные аспекты перехода ламинарного течения в

турбулентное. Осредненные уравнения движения и энергии для турбулентного течения. Кажущиеся напряжения турбулентного трения, турбулентный тепловой поток. Структура пристенной турбулентной области. Аналогия Рейнольдса для теплообмена при турбулентном течении в пограничном слое, ее модернизированный вариант (двухслойная схема), расчетные соотношения для теплоотдачи. Конвективный теплообмен при высоких скоростях течения. Адиабатическая температура стенки, коэффициент восстановления, методы расчета теплоотдачи. Теплообмен на проницаемой поверхности. Теплообмен при поперечном обтекании одиночного цилиндра и пучков труб.

Теплообмен при течении жидкости в каналах. Математическое описание, среднемассовая скорость и температура. Стабилизированный теплообмен при граничных условиях 2-го рода. Профили скорости, температуры, теплового потока при ламинарном и турбулентном течении, интеграл Лайона. Теплообмен при ламинарном течении жидкости в начальном термическом участке круглой трубы. Начальный гидродинамический участок. Стабилизированный теплообмен при ламинарном течении. Стабилизированный теплообмен при турбулентном течении, результаты исследований для неметаллических жидкостей и жидких металлов, расчетные формулы. Влияние переменности свойств жидкости на теплообмен при течении капельных жидкостей и газов в трубах.

Теплообмен при свободной конвекции. Механизм и математическое описание, приближение Буссинеска. Развитие пограничного слоя на вертикальной плоской поверхности, расчет коэффициента теплоотдачи. Свободная конвекция на поверхности горизонтального цилиндра и сферы. Свободная конвекция в замкнутых объемах; теплопередача через прослойку.

Теплообмен при фазовых превращениях. Математическое описание и модели двухфазных сред. Универсальные условия совместности на межфазных границах. Специальные условия совместности для процессов тепло- и массообмена. Неравновесность на межфазных границах, квазиравновесное приближение.

Пленочная и капельная конденсация. Теплообмен при пленочной конденсации на вертикальной поверхности: решение Нуссельта, анализ основных допущений. Конденсация на поверхности горизонтального цилиндра. Конденсация движущегося пара. Качественные закономерности капельной конденсации.

Кипение жидкостей. Условия зарождения парового зародыша в объеме перегретой жидкости и на твердой поверхности нагрева. Основные закономерности роста и отрыва паровых пузырьков. «Кривая кипения». Теплообмен при пузырьковом кипении в большом объеме, теплообмен при пленочном кипении. Кризисы кипения в большом объеме.

Режимы течения двухфазных потоков в трубах. Характер изменения среднемассовой температуры жидкости, температуры стенки, расходного массового паросодержания по длине обогреваемого канала. Кипение жидкости, недогретой до температуры насыщения. Кризис теплоотдачи при кипении в трубах.

Совместные процессы тепло- и массопереноса. Общая характеристика процессов переноса массы и энергии. Состав смеси, диффузионные потоки, коэффициент диффузии. Перенос энергии и импульса в смеси.

Аналогия процессов тепло- и массообмена. Расчет интенсивности переноса энергии и массы компонента при умеренных и высоких скоростях массообмена.

Тепло- и массообмен при химических превращениях. Диффузия, сопровождаемая гомогенной или гетерогенной химической реакцией. Процессы на поверхности тела, обтекаемого гиперзвуковым потоком газа.

Сублимация поверхности тела, обтекаемого высокотемпературным газовым потоком. Коэффициент аккомодации. Зависимость скорости сублимации от температуры поверхности тела.

Термическое разложение тела, обтекаемого высокотемпературным потоком химически активного газа.

Химическое взаимодействие на поверхности тела, обтекаемого высокотемпературным газовым потоком.

Разрушение композиционных материалов в высокотемпературном газовом потоке. Взаимодействие процессов горения и испарения.

Теплообмен излучением. Основные понятия и законы излучения. Природа излучения. Интегральная и спектральная плотности потока излучения. Поглощательная, отражательная и пропускательная способности тел. Абсолютно черное тело.

Законы теплового излучения (Планка, Вина, Стефана—Больцмана, Кирхгофа, Ламберта). Излучение реальных тел. Радиационные свойства реальных материалов.

Теплообмен излучением в диатермичной среде. Геометрия излучения (локальные и средние угловые коэффициенты). Зональный метод расчета теплообмена в системе тел, разделенных прозрачной средой.

Теплообмен излучением в поглощающих и излучающих средах. Излучение и поглощение в газах. Основной закон переноса энергии излучения в излучающе-поглощающей среде. Собственное излучение газа. Методы расчета теплообмена.

3. Основы расчета теплообменных аппаратов и средств тепловой защиты

Современные теплообменные системы: парогенераторы тепловых электрических станций, ядерные энергетические реакторы, камеры сгорания ракетных двигателей, бланкет термоядерного реактора. Теплообменные аппараты: рекуперативные, регенеративные, смесительные.

Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Средний температурный напор. Расчет поверхности теплообмена, конечной температуры теплоносителей. Основы гидравлического расчета теплообменников. Определение мощности, затрачиваемой на прокачку теплоносителей.

Особенности выбора средств и методов тепловой защиты. Способы тепловой защиты от конвективного и совместного (конвективно-лучистого) нагрева.

Проникающее охлаждение. Эффект вдува. Теплообмен между пористой матрицей и фильтрующимся охладителем.

Список литературы

Основной список

1. Ансельм А. И. Основы статистической физики и термодинамики : [учебное пособие для вузов по физическим и техническим направлениям и специальностям] / А. И. Ансельм. - СПб., 2007. - 423, [3] с. : ил.
2. Теплопередача. Ч. 1 : [учебное пособие] / [В. С. Чередниченко [и др.] ; под ред. В. С. Чередниченко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 231 с. : ил.. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".
3. Теплопередача. [В 2 ч.]. Ч. 2 : [учебное пособие / В. С. Чередниченко и др.] ; под общ. ред.: В. С. Чередниченко и А. И. Алифорова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 378 с. : ил., табл.. - Инновационная образовательная программа НГТУ «Высокие технологии»
4. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: Учебное пособие для вузов. 2-е изд., исп. и доп. - М: Издательство МЭИ. – 2005.
5. Волчков Э. П. Тепломассообмен в пристенных течениях : учебник / Э. П. Волчков, В. П. Лебедев. - Новосибирск, 2003. - 242 с. : ил.
6. Терехов В. И. Тепломассоперенос и гидродинамика в газодапельных потоках : [монография] / В. И. Терехов, М. А. Пахомов. - Новосибирск, 2008. - 283 с. : ил.
7. Чичиндаев А. В. Тепломассообмен влажного воздуха в компактных пластинчато-ребристых теплообменниках / А. В. Чичиндаев. - Новосибирск, 2009. - 297 с. : ил.

Дополнительный список

1. Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.
2. Болгарский А. В. Термодинамика и теплопередача : [учебник для авиационных специальностей вузов] / А. В. Болгарский, Г. А. Мухачев, В. К. Щукин. - М., 1975. - 495 с. : ил., схемы
3. Базаров И. П. Термодинамика : Учебник для физ. спец. ун-тов. - М., 1983. - 344 с. : ил.
4. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи – М.: Энергия, 1977. – 343 с.
5. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Атомиздат, 1979. – 416 с.
6. Кутателадзе С.С., Леонтьев А.И. Тепломассообмен и трение в турбулентном пограничном слое. 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 320 с.
7. Чичиндаев А. В. Оптимизация компактных пластинчато-ребристых теплообменников. Ч. 1 : учебное пособие [для 2-4 курсов ФЛА (направления 551000, 551013, 551014, специальности 130100, 130300, 131100) дневного отделения] / А. В. Чичиндаев. - Новосибирск, 2003. - 399 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА

I. Техническая термодинамика

1. Основные термодинамические понятия. Термодинамические системы, окружающая среда, взаимодействие между ними. Равновесное состояние. Параметры (функции) состояния. Внутренняя энергия. Термодинамический процесс. Равновесные и неравновесные процессы.
2. Первый закон термодинамики как форма закона сохранения и превращения энергии. Виды энергии и формы обмена энергией. Механическая работа и другие виды работ. Теплота как форма обмена энергией. Выражение количества работ и теплоты в равновесных процессах через параметры системы и их изменение в бесконечно малых и конечных процессах. Работа и теплота как функция процессов. Понятие о термодинамических

координатах и потенциалах взаимодействия. Энтропия как термическая координата состояния. Основное термодинамическое равенство для равновесных процессов. Уравнение первого закона термодинамики для проточной системы. Энтальпия, работа проталкивания, техническая работа, располагаемая работа.

3. Уравнения состояния термодинамических систем. Термические и калорические уравнения состояния. Общие свойства уравнений состояния. Термические коэффициенты: изотермической сжимаемости, термической упругости, термического расширения. Условие механической стабильности. Понятие о термодинамической поверхности и линиях термодинамических процессов. Уравнения Клапейрона-Менделеева и Ван-дер-Ваальса как примеры уравнений состояния.
4. Понятие теплоемкости. Зависимость теплоемкости от характера термодинамического процесса. Выражение изохорной и изобарной теплоемкостей через производные от энергии и энтальпии по температуре. Мольная, массовая и объемная удельные теплоемкости. Зависимость теплоемкости идеальных газов от температуры. Истинная и средняя теплоемкости. Теплоемкость смеси идеальных газов.
5. Второй закон термодинамики. Термодинамическая обратимость и необратимость. Изменение энтропии в необратимых процессах. Термодинамическое неравенство. Условия взаимного превращения теплоты и работы в прямых и обратных термодинамических циклах. Термический коэффициент прямого цикла и холодильный коэффициент обратного цикла. Цикл и теорема Карно. Формулировки второго закона термодинамики. Термодинамическая шкала температур. Понятие о вероятности термодинамического состояния и связь вероятности состояния с энтропией.
6. Термодинамика твердых тел. Формула Дебая. Уравнение состояния и теплоемкость. Плавление.
7. Влияние необратимости на эффективность термодинамических циклов. Характеристические термодинамические функции. Понятие о характеристических термодинамических функциях. Характеристические функции как термодинамические потенциалы. Внутренняя энергия, энтальпия, изохорно-изотермический потенциал, изобарно-изотермический потенциал как характеристические функции. Возможность выражения термических и калорических свойств системы через характеристические функции. Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Соотношения Максвелла.
8. Дифференциальные соотношения термодинамики в частных производных. Дифференциальные выражения для внутренней энергии, энтальпии и энтропии через температуру, объем и давление как независимые переменные. Понятие о вычислении значений термодинамических функций идеального газа и реальных веществ. Внутренняя энергия, энтальпия и энтропия идеального газа. Дифференциальные соотношения для теплоемкостей. Связь между изобарной и изохорной теплоемкостями. Зависимость изобарной теплоемкости от давления и изохорной теплоемкости от объема. Использование данных о теплоемкостях для установления эмпирических уравнений состояния.
9. Термодинамическое равновесие. Сложные термодинамические системы с фазовой и химической неоднородностью. Основное уравнение термодинамики для сложной системы. Химический потенциал. Условия равновесия сложной системы при различных сопряжениях с окружающей средой. Принцип минимальности характеристических функций. Связь принципа минимальности с принципом возрастания энтропии в неравновесных процессах. Условия термодинамического равновесия в гомогенных химически неоднородных системах. Условия термодинамического равновесия в многофазных многокомпонентных системах. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы первого рода. Условия равновесия фаз. Критическая точка. Фазовые диаграммы чистого вещества. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Понятие о фазовых переходах второго рода. Термодинамическая теория Ландау фазовых переходов второго рода.

10. Термодинамические свойства чистых веществ. Качественные отличия свойств реальных газов от идеальных. Диаграмма Амага и точки Бойля. Изотермы Эндрюса. Критическое термодинамическое состояние. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Метастабильные состояния, правило Максвелла. Приведенные параметры состояния, приведенные уравнения Ван-дер-Ваальса. Принцип соответственных состояний и термодинамическое подобие. Понятие о коэффициенте сжимаемости и критическом коэффициенте. Понятие об общей форме уравнения состояния реальных газов - Майера-Боголюбова и о вириальных уравнениях состояния.
11. Неидеальные газы. Разложения по степеням плотности. Вириальные коэффициенты.
12. Термодинамические свойства веществ на линии фазовых переходов. Термодинамические свойства перегретого пара и влажного пара. Форма пограничных кривых. Понятие о методах расчета энтропии, энтальпии и внутренней энергии реальных веществ с использованием данных о термических свойствах. Термодинамические диаграммы состояния объем - давление, объем - температура, энтропия - энтальпия, давление - энтальпия.
13. Основные термодинамические процессы. Объем расчета термодинамического процесса. Процессы: изохронный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный. Определение параметров состояния, изменения термодинамических функций в процессе, количества теплоты, работы, располагаемой работы в случае идеального газа и реальных веществ.
14. Использование диаграмм для расчета процессов. Процессы смешения газов в потоке и в объеме.
15. Дросселирование. Описание процесса. Эффект Джоуля-Томсона. Дифференциальный и интегральный дроссель-эффекты. Точки и кривая инверсии.
16. Термодинамика одномерного потока. Основные допущения. Уравнение энергии потока в термической и механической формах. Адиабатическое течение без трения. Связь скорости течения с энтальпией, температурой и давлением в потоке. Параметры торможения. Течение по каналам переменного сечения. Критический перепад давления, переход через скорость звука. Сопло Лавала. Понятие об обращении воздействий. Исследование процессов течения газов и паров с помощью энтропийных диаграмм.
17. Термодинамический анализ работы компрессоров. Идеальный и реальный поршневой компрессоры. Работа привода компрессора. Многоступенчатые компрессоры. Выбор степени повышения давления в ступени. Изображение рабочих процессов компрессора в энтропийных диаграммах. Понятие о работе центробежных и осевых компрессоров. Влияние трения на показатели работы компрессора.
18. Силовые термодинамические циклы. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Влияние параметров циклов на их термический КПД. Цикл с внешним подводом тепла (Стирлинга). Циклы газотурбинных установок и реактивных двигателей. Регенеративные циклы, паросиловой цикл Ренкина. Влияние давления и перегрева пара на термический КПД. Понятие о теплофикационном цикле. Понятие о цикле МГД установки.
19. Холодильные (обратные) циклы. Циклы холодильной машины и теплового насоса. Показатели эффективности обратных циклов. Циклы воздушной и парокомпрессионной холодильных установок. Понятие о методах получения сжиженных газов.
20. Влажный воздух. Характеристики состояния влажного воздуха. Абсолютная и относительная влажность. Диаграмма состояний влажного воздуха. Подсчет параметров состояния влажного воздуха. Процессы нагревания, охлаждения, увлажнения и осушки.
21. Элементы химической термодинамики. Применение первого закона термодинамики к химическим процессам. Закон Гесса. Уравнение Кирхгофа. Применение условий термодинамического равновесия к химическим реакциям. Константа равновесия для гомогенных газовых реакций, закон действующих масс. Степень диссоциации и ее связь с константами равновесия. Термическая диссоциация, ионизация, возбуждение. Понятие о максимальной работе химической реакции. Понятие о тепловом законе Нернста.

II. Теплопроводность

1. Основные положения учения о теплопроводности. Тепловой поток. Методы изучения физических явлений. Гипотеза Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности для процессов теплопроводности.
2. Теплопроводность при стационарном режиме. Краевые задачи для простейших тел. Объемные и поверхностные источники тепла.
3. Передача тепла через плоскую стенку при граничных условиях I, II и III рода.
4. Передача тепла через цилиндрическую стенку при граничных условиях I, II и III рода. Критический диаметр цилиндрической стенки. Передача тепла через шаровую стенку. Обобщенный метод решения задач теплопроводности в плоской, цилиндрической и шаровой стенках. Теплопроводность в стержне постоянного поперечного сечения. Теплопередача через ребристую плоскую стенку. Теплопроводность плоской полуграниченной пластины. Теплопроводность пористой охлаждаемой пластины. Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла.
5. Нестационарные процессы теплопроводности. Методы решения линейных краевых задач. Простейшие задачи для конечных и бесконечных областей. Нестационарная теплопроводность неограниченной пластины. Определение количества тепла, отданного пластиной в процессе охлаждения. Нестационарная теплопроводность бесконечно длинного цилиндра. Определение количества тепла, отданного цилиндром в процессе охлаждения. Охлаждение шара. Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров. Регулярный режим охлаждения (нагрева) тел. Приближенные методы решения задач теплопроводности. Исследование процессов теплопроводности методом аналогий.
6. Нелинейные задачи теплопроводности. Автомодельные решения. Тепловые волны. Приближенные и численные методы решения задач теплопроводности. Явные и неявные конечно-разностные схемы.

III. Тепло- и массообмен

1. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена и массообмена и условия однозначности. Система уравнений гидродинамического, теплового и диффузионного пограничного слоя. Турбулентный перенос количества движения, тепла и массы.
2. Теория подобия и метод анализа размерностей в теплопередаче. Вывод критериев подобия и критериальных уравнений теплообмена. Условия подобия физических процессов. Метод анализа размерностей.
3. Теплообмен при свободной конвекции. Теплоотдача при свободном ламинарном движении вдоль вертикальной пластины. Теплоотдача при турбулентном движении. Теплоотдача при свободном движении около горизонтальной трубы. Теплообмен при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве.
4. Теплоотдача при вынужденном ламинарном течении жидкости. Ламинарное течение жидкости в трубе. Теплоотдача плоской пластины при постоянной температуре поверхности. Учет переменности физических параметров. Автомодельные решения уравнений ламинарного пограничного слоя. Приближенные методы для произвольных законов изменения скорости и температуры стенки. Интегральные соотношения импульсов и энергии. Закон теплообмена. Особенности теплообмена при течении газа со сверхзвуковыми скоростями. Коэффициент восстановления. Закон теплообмена.
5. Теплоотдача при вынужденном турбулентном течении жидкости. Переход ламинарного течения в турбулентное. Полуэмпирические теории турбулентности. Интегральное уравнение теплоотдачи для стабилизированного течения жидкости в трубе. Законы теплообмена для турбулентного пограничного слоя. Влияние переменных физических свойств на законы теплообмена. Теплообмен в турбулентном пограничном слое при

- внешнем обтекании тел. Гидродинамическая аналогия Рейнольдса. Влияние шероховатости на теплоотдачу.
6. Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб. Теплоотдача при поперечном омывании одиночной круглой трубы. Теплоотдача при поперечном омывании пучка труб.
 7. Теплоотдача в разреженных газах. Коэффициент аккомодации. Коэффициент скольжения. Области течения. Теплообмен в свободном молекулярном потоке и в области течения со скольжением.
 8. Теплообмен при конденсации пара. Пленочная и капельная конденсация. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара на вертикальной стенке. Конденсация на горизонтальной трубе. Теплообмен при пленочной конденсации движущегося пара внутри труб, на горизонтальных одиночных трубах и пучках труб. Теплообмен при конденсации пара из парогазовой смеси. Тройная аналогия между процессами переноса импульса, тепла и массы. Диффузионный пограничный слой. Теплообмен при капельной конденсации пара.
 9. Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей. Режимы кипения жидкости. Механизм процесса теплообмена при пузырьковом кипении жидкости. Возникновение активной паровой фазы. Отрывной диаметр пузыря. Скорость роста и частота отрыва пузырей от поверхности нагрева. Зависимость теплового потока от температурного напора. Зависимость теплоотдачи от давления и теплофизических свойств. Влияние скорости циркуляции. Теплоотдача при пузырьковом кипении жидкости в условиях свободного движения. Структура двухфазного потока и теплообмена при кипении жидкости внутри труб.
 10. Кризисы кипения. Механизм теплообмена при пленочном кипении жидкости. Теплоотдача при ламинарном движении паровой пленки. Теплоотдача при турбулентном движении паровой пленки.
 11. Тепло- и массообмен при химических превращениях. Основные сведения о химических превращениях. Система уравнений пограничного слоя. Теплообмен между газовой смесью и поверхностью раздела фаз. Тепло- и массообмен при сублимации и испарении с поверхности теплообмена.
 12. Теплообмен излучением. Основные законы теплового излучения. Закон Планка. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Закон Ламберта. Лучистый теплообмен между телами. Теплообмен излучением при наличии экранов. Излучение между телом и оболочкой. Теплообмен излучением между телами, произвольно расположенными в пространстве. Угловые коэффициенты излучения. Теплообмен в поглощающих и излучающих средах. Оптическая толщина среды и режимы излучения. Особенности излучения газов и паров. Лучистый теплообмен между газовой средой и оболочкой. Сложный теплообмен. Критерии радиационного подобия.
 13. Теплообменные аппараты. Тепловой расчет рекуперативных теплообменных аппаратов. Средняя разность температур и методы ее вычисления. Расчет конечных температур и методы ее вычисления. Расчет конечных температур рабочих жидкостей. Тепловой расчет регенеративных теплообменных аппаратов.

IV. Специальные вопросы теории тепло- и массообмена

1. Уравнения Навье-Стокса.
2. Обтекание пластины ламинарным потоком. Решение Блазиуса.
3. Ползущие течения. Ячейки Хил-Шоу.
4. Уравнения пограничного слоя Прандтля.
5. Уравнения пограничного слоя в интегральной форме. Метод Польгаузена.
6. Уравнения энергии пограничного слоя. Граничные условия $T_w = \text{const}$, $q_w = \text{const}$.
7. Тройная аналогия Рейнольдса.
8. Асимптотическая теория турбулентного пограничного слоя ($Re \rightarrow \infty$).

9. Модель пути смешения Прандтля. Модель турбулентности Кармана.
10. Пористый вдув вещества в пограничный слой. Критические параметры вдува.
11. Отсос пограничного слоя. Асимптотические параметры отсоса.
12. Совместное влияние неизотермичности и проницаемости поверхности.
13. Влияние неизотермичности и сжимаемости на сопротивление, тепломассоперенос.
14. Течение с продольным градиентом давления. Положительный и отрицательный градиент давления.
15. Диффузорные течения. Отрыв пограничного слоя.
16. Ускоренные потоки. Явление ламинаризации пограничного слоя.
17. Лучистый теплообмен. Степень черноты. Абсолютно черное тело.
18. Пристенные газовые завесы.
19. Пограничный слой за участком интенсивного теплообмена.
20. Щелевая газовая завеса.
21. Теплообмен при пленочной конденсации. Задача Нуссельта.
22. Пузырьковое и пленочное кипение. Кризисы теплоотдачи.
23. Влияние неконденсирующихся примесей на законы теплообмена.
24. Проблемы интенсификации теплообмена.
25. Влияние внешней турбулентности.
26. Течение и теплообмен в трубах.
27. Теплоотдача на начальном и стабилизированном участках.
28. Внешнее обтекание труб.
29. Параметры, характеризующие интенсификацию. Рост сопротивления.
30. Модели теплообменных устройств.
31. Компактные теплообменники.

Список литературы

Основной список

1. Ансельм А. И. Основы статистической физики и термодинамики : [учебное пособие для вузов по физическим и техническим направлениям и специальностям] / А. И. Ансельм. - СПб., 2007. - 423, [3] с. : ил.
2. Теплопередача. Ч. 1 : [учебное пособие] / [В. С. Чередниченко [и др.] ; под ред. В. С. Чередниченко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 231 с. : ил.. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".
3. Теплопередача. [В 2 ч.]. Ч. 2 : [учебное пособие / В. С. Чередниченко и др.] ; под общ. ред.: В. С. Чередниченко и А. И. Алифорова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 378 с. : ил., табл.. - Инновационная образовательная программа НГТУ «Высокие технологии»
4. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: Учебное пособие для вузов. 2-е изд., исп. и доп. - М: Издательство МЭИ. – 2005.
5. Волчков Э. П. Тепломассообмен в пристенных течениях : учебник / Э. П. Волчков, В. П. Лебедев. - Новосибирск, 2003. - 242 с. : ил.
6. Терехов В. И. Тепломассоперенос и гидродинамика в газокапельных потоках : [монография] / В. И. Терехов, М. А. Пахомов. - Новосибирск, 2008. - 283 с. : ил.
7. Чичиндаев А. В. Тепломассообмен влажного воздуха в компактных пластинчато-ребристых теплообменниках / А. В. Чичиндаев. - Новосибирск, 2009. - 297 с. : ил.

Дополнительный список

1. Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.
2. Болгарский А. В. Термодинамика и теплопередача : [учебник для авиационных специальностей вузов] / А. В. Болгарский, Г. А. Мухачев, В. К. Щукин. - М., 1975. - 495 с. : ил., схемы

3. Базаров И. П. Термодинамика : Учебник для физ. спец. ун-тов. - М., 1983. - 344 с. : ил.
4. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи – М.: Энергия, 1977. – 343 с.
5. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Атомиздат, 1979. – 416 с.
6. Кутателадзе С.С., Леонтьев А.И. Тепломассообмен и трение в турбулентном пограничном слое. 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 320 с.
7. Чичиндаев А. В. Оптимизация компактных пластинчато-ребристых теплообменников. Ч. 1 : учебное пособие [для 2-4 курсов ФЛА (направления 551000, 551013, 551014, специальности 130100, 130300, 131100) дневного отделения] / А. В. Чичиндаев. - Новосибирск, 2003. - 399 с.

Составитель _____ А.В. Чичиндаев

(подпись)

« ____ » _____ 20 ____ г.

Шифр специальности:

01.04.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника

Формула специальности:

- Для ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

1. Научная специальность, объединяющая исследования по теплофизическим свойствам веществ, термодинамическим процессам, процессам переноса тепла и массы в сплошных и разреженных, гомогенных и гетерогенных средах. Экспериментальные и теоретические исследования по теплофизике и теоретической теплотехнике имеют целью - установление связей между строением веществ и их феноменологическими свойствами, обоснование методов расчета термодинамических и переносных свойств в различном агрегатном состоянии, выявление механизмов переноса массы, импульса и энергии при конвекции, излучении, сложном теплообмене и физико-химических превращениях, обоснование и проверку методов интенсификации тепло- и массообмена и тепловой защиты.

Область исследования:

- Для ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

1. Экспериментальные исследования термодинамических и переносных свойств чистых веществ и их смесей в широкой области параметров состояния.
2. Аналитические и численные исследования теплофизических свойств веществ в различных агрегатных состояниях.
3. Исследование термодинамических процессов и циклов применительно к установкам производства и преобразования энергии.
4. Экспериментальные и теоретические исследования процессов взаимодействия интенсивных потоков энергии с веществом.
5. Экспериментальные и теоретические исследования однофазной, свободной и вынужденной конвекции в широком диапазоне свойств теплоносителей, режимных и геометрических параметров теплопередающих поверхностей.
6. Экспериментальные исследования, физическое и численное моделирование процессов переноса массы, импульса и энергии в многофазных системах и при фазовых превращениях.
7. Экспериментальные и теоретические исследования процессов совместного переноса тепла и массы в бинарных и многокомпонентных смесях веществ, включая химически реагирующие смеси.
8. Разработка методов исследования и расчета радиационного теплообмена в прозрачных и поглощающих средах.
9. Разработка научных основ и создание методов интенсификации процессов тепло- и массообмена и тепловой защиты

Отрасль наук:

технические науки (За разработку систем, устройств, приборов, технологических процессов и за применение новых разработок в народном хозяйстве)

Шифр специальности:

01.04.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника

Формула специальности:

- Для ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

«Теплофизика и теоретическая теплотехника» – область науки, включающая теоретические и экспериментальные исследования свойств веществ в жидком, твердом и газообразном состоянии при наличии всех видов тепло- и массообмена во всем диапазоне температур и давлений, магнитную гидродинамику электропроводных сред, неоднородные аэродисперсные системы, теплофизику низкотемпературной плазмы, теорию подобия теплофизических процессов, теоретическую и техническую термодинамику, теорию фазовых переходов при горении в гетерогенных системах, численное и натурное моделирование теплофизических процессов в природе, технике и эксперименте, расчет и проектирование нового теплотехнического оборудования.

Область исследования:

- Для ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

1. Фундаментальные, теоретические и экспериментальные исследования молекулярных и макросвойств веществ в твердом, жидком и газообразном состоянии для более глубокого понимания явлений, протекающих при тепловых процессах и агрегатных изменениях в физических системах.
2. Исследование и разработка рекомендаций по повышению качества и улучшению теплофизических свойств веществ в жидком, твердом (кристаллическом и аморфном) состояниях для последующего использования в народном хозяйстве

Отрасль наук:

физико-математические науки (За исследования теоретического и экспериментального направления, носящие фундаментальный характер (фундаментальные научные исследования))

Шифр специальности:

01.04.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника

Формула специальности:

- Для ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

1. Научная специальность, объединяющая исследования по теплофизическим свойствам веществ, термодинамическим процессам, процессам переноса тепла и массы в сплошных и разреженных, гомогенных и гетерогенных средах. Экспериментальные и теоретические исследования по теплофизике и теоретической теплотехнике имеют целью - установление связей между строением веществ и их феноменологическими свойствами, обоснование методов расчета термодинамических и переносных свойств в различном агрегатном состоянии, выявление механизмов переноса массы, импульса и энергии при конвекции, излучении, сложном теплообмене и физико-химических превращениях, обоснование и проверку методов интенсификации тепло- и массообмена и тепловой защиты.

Область исследования:

- Для ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

1. Экспериментальные исследования термодинамических и переносных свойств чистых веществ и их смесей в широкой области параметров состояния.
2. Аналитические и численные исследования теплофизических свойств веществ в различных агрегатных состояниях.
3. Исследование термодинамических процессов и циклов применительно к установкам производства и преобразования энергии.
4. Экспериментальные и теоретические исследования процессов взаимодействия интенсивных потоков энергии с веществом.
5. Экспериментальные и теоретические исследования однофазной, свободной и вынужденной конвекции в широком диапазоне свойств теплоносителей, режимных и геометрических параметров теплопередающих поверхностей.
6. Экспериментальные исследования, физическое и численное моделирование процессов переноса массы, импульса и энергии в многофазных системах и при фазовых превращениях.
7. Экспериментальные и теоретические исследования процессов совместного переноса тепла и массы в бинарных и многокомпонентных смесях веществ, включая химически реагирующие смеси.
8. Разработка методов исследования и расчета радиационного теплообмена в прозрачных и поглощающих средах.
9. Разработка научных основ и создание методов интенсификации процессов тепло- и массообмена и тепловой защиты

Отрасль наук:

технические науки (За разработку систем, устройств, приборов, технологических процессов и за применение новых разработок в народном хозяйстве)

Шифр специальности:

01.04.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника

Формула специальности:

- Для ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

«Теплофизика и теоретическая теплотехника» – область науки, включающая теоретические и экспериментальные исследования свойств веществ в жидком, твердом и газообразном состоянии при наличии всех видов тепло- и массообмена во всем диапазоне температур и давлений, магнитную гидродинамику электропроводных сред, неоднородные аэродисперсные системы, теплофизику низкотемпературной плазмы, теорию подобия теплофизических процессов, теоретическую и техническую термодинамику, теорию фазовых переходов при горении в гетерогенных системах, численное и натурное моделирование теплофизических процессов в природе, технике и эксперименте, расчет и проектирование нового теплотехнического оборудования.

Область исследования:

- Для ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

1. Фундаментальные, теоретические и экспериментальные исследования молекулярных и макросвойств веществ в твердом, жидком и газообразном состоянии для более глубокого понимания явлений, протекающих при тепловых процессах и агрегатных изменениях в физических системах.
2. Исследование и разработка рекомендаций по повышению качества и улучшению теплофизических свойств веществ в жидком, твердом (кристаллическом и аморфном) состояниях для последующего использования в народном хозяйстве

Отрасль наук:

физико-математические науки (За исследования теоретического и экспериментального направления, носящие фундаментальный характер (фундаментальные научные исследования))

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра технической теплофизики

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФЛА
д.т.н., профессор С.Д. Саленко
“ ” г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**МОДУЛЯ "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам
дисциплины**

**Дисциплина по выбору аспиранта: Компьютерное моделирование теплофизических
процессов**

Образовательная программа: 03.06.01 Физика и астрономия, профиль: Теплофизика и
теоретическая теплотехника

1. **Обобщенная структура фонда оценочных средств модуля "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины**

Обобщенная структура фонда оценочных средств по модулю "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины Дисциплина по выбору аспиранта: Компьютерное моделирование теплофизических процессов приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.1.В способность осуществлять профессиональную деятельность в области теплофизики и теоретической теплотехники	з4. знать основы компьютерного моделирования теплофизических процессов	Введение основные прикладные задачи и методы моделирования в области теплофизики т теоретической теплотехники		Экзамен, 6 семестр, вопросы 1...16
ПК.1.В	у4. иметь навыки использования компьютерного моделирования теплофизических процессов	основные прикладные задачи и методы моделирования в области теплофизики т теоретической теплотехники особенности моделирования теплофизических процессов в системе "человек - тепловая защита - окружающая среда" особенности моделирования теплофизических процессов в технике		Экзамен, 6 семестр, вопросы 1...16

2. **Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках модуля "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины.**

Промежуточная аттестация по модулю "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины проводится в 6 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.1.В.

Экзамен проводится в устной форме, по билетам

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе модуля "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ПК.1.В, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы,

большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра технической теплофизики

Паспорт экзамена

по модулю "Теплофизика и теоретическая теплотехника (модуль)" по материалам дисциплины «Дисциплина по выбору аспиранта: Компьютерное моделирование теплофизических процессов», 6 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1...16, второй вопрос – по теме самостоятельной научной работы (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать аспиранту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФЛА

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Дисциплина по выбору аспиранта: Компьютерное моделирование теплофизических процессов»

1. Вопрос 1
2. Вопрос 2.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись) (дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если аспирант при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет 0...19 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если аспирант при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет 20...28 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если аспирант

при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет 29...34 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если аспирант при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 35...40 баллов.

3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 20 баллов (из 40 возможных).

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Дисциплина по выбору аспиранта: Компьютерное моделирование теплофизических процессов»

1. Проблемы моделирования процесса теплопередачи в компактном теплообменнике с двухфазным теплоносителем.
2. Дифференциальные уравнения энергии.
3. Общие подходы к решению системы уравнений.
4. Основные определения для теплоемкости.
5. Математическая модель расчета тепломассообмена в трёхфазном потоке водного аэрозоля.
6. Математическая модель расчета тепломассообмена в трехфазном пограничном слое.
7. Влияние на теплопередачу участка тепловой стабилизации.
8. Влияние на теплопередачу тепломассообмена в теплоносителях.
9. Особенности теплопередачи в области положительных температур.
10. Особенности теплопередачи в области отрицательных температур.
11. Высаждение влаги в линии низкого давления.
12. Высаждение влаги в линии высокого давления.
13. Схема и принцип работы конденсатора.
14. Поля температур в конденсаторе.
15. Конденсация влаги в горячем тракте.
16. Испарение тумана в холодном тракте.