

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Забайкальский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Энергетический факультет

Кафедра Тепловых электрических станций

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

Мирошников С.Ф.

« ____ » _____ 20 ____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.Б.18.Тепломассообмен

на 252 часа(ов), 7 зачетных(ые) единиц(ы)

для направления подготовки (специальности) 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

составлена в соответствии с ФГОС ВО, утвержденным приказом
Министерства образования и науки Российской Федерации от
« ____ » _____ 20 ____ г. № _____

Профиль – Тепловые электрические станции (для набора 2015, 2016, 2017)

Форма обучения очная, заочная

1. Организационно-методический раздел

1.1 Цель и задачи дисциплины (модуля)

Цель изучения дисциплины:

Целью курса является изучение закономерностей основных процессов переноса тепла и массы, освоение методов решения различных задач теплообмена, приобретение навыков экспериментального исследования процессов теплообмена посредством физического и математического моделирования.

Задачи изучения дисциплины:

Основными задачами курса являются формирование у студентов устойчивых знаний об основных процессах переноса тепла и массы, умения выполнять расчеты для различных задач теплообмена применительно к теплотехническим процессам в энергетических устройствах и освоения навыков исследования процессов теплообмена для освоения различных специальных дисциплин.

1.2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОП

Курс «Теплообмен» является дисциплиной, входящей в базовую часть образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника. Индекс дисциплины Б1.Б.18. Данная дисциплина обеспечивает базовую подготовку студентов в области процессов использования теплоты. Курс предполагает, что студенты получили необходимую подготовку при изучении дисциплин «Высшая математика», «Физика» и «Химия».

1.3. Объем дисциплины (модуля) с указанием трудоемкости всех видов учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 7 зачетных(ые) единиц(ы), 252 часов.

Очная форма

Виды занятий	Распределение по семестрам		Всего часов
	3 семестр	4 семестр	
Общая трудоемкость			252
Аудиторные занятия, в т.ч.	72	90	162
лекционные (ЛК)	18	36	54
практические (семинарские) (ПЗ, СЗ)	36	36	72
лабораторные (ЛР)	18	18	36
Самостоятельная работа студентов (СРС)	36	18	54
Форма промежуточной аттестации в семестре	Зачет	Экзамен	36
Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП)			

Заочная форма

Виды занятий	Распределение по семестрам		Всего часов
	4 семестр	5 семестр	
Общая трудоемкость			252
Аудиторные занятия, в т.ч.	14	26	40
лекционные (ЛК)	6	8	14
практические (семинарские) (ПЗ, СЗ)	4	8	12
лабораторные (ЛР)	4	10	14
Самостоятельная работа студентов (СРС)	94	82	176
Форма промежуточной аттестации в семестре	Зачет	Экзамен	36
Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП)			

2. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Индекс компетенции	Содержание компетенции
ПК4	Способность к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата.

Планируемые результаты обучения по дисциплине для последовательного достижения уровней сформированности компетенций

Результат обучения

Знать	<p>Пороговый:</p> <p>Неполные представления в недостаточной привязке к задачам профессиональной деятельности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) о процессах и законах переноса теплоты и массы; 2) о физико-математических моделях тепловых и массообменных процессов; 3) о методах применения законов и физико-математических моделей тепломассообмена для расчета температурных полей, потоков тепла и массы в элементах теплотехнических и теплотехнологических устройств; 4) о методах измерений теплотехнических величин и обработки экспериментальных данных.
	<p>Стандартный:</p> <p>Сформированные в достаточной мере в привязке к задачам профессиональной деятельности представления:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) о процессах и законах переноса теплоты и массы; 2) о физико-математических моделях тепловых и массообменных процессов; 3) о методах применения законов и физико-математических моделей тепломассообмена для расчета температурных полей, потоков тепла и массы в элементах теплотехнических и теплотехнологических устройств; 4) о методы измерений теплотехнических величин и обработки экспериментальных данных.
	<p>Эталонный:</p> <p>Системные, сформированные в полной в привязке к профессиональной деятельности, представления:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) о процессах и законах переноса теплоты и массы; 2) о физико-математических моделях тепловых и массообменных процессов; 3) о методах применения законов и физико-математических моделей тепломассообмена для расчета температурных полей, потоков тепла и массы в элементах теплотехнических и теплотехнологических устройств; 4) о методах измерений теплотехнических величин и обработки экспериментальных данных
	<p>Пороговый:</p> <p>В целом успешное, но не систематическое умение:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) формулировать закономерности и описывать процессы тепломассообмена с использованием необходимых терминов, математических формул, графиков. 2) производить расчет температурных полей, тепловых потоков и потоков вещества по общепринятым методикам с привлечением соответствующего физико-математического аппарата применительно к задачам профессиональной деятельности; 3) находить и систематизировать необходимую информацию по изучаемым вопросам, работать с учебно-справочной литературой и информационно-поисковыми системами; 4) производить обработку измеренных в процессе эксперимента физических величин, представлять полученные данные в виде соответствующих зависимостей.

Уметь	<p>Стандартный:</p> <p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы в умении:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) формулировать закономерности и описывать процессы теплообмена с использованием необходимых терминов, математических формул, графиков. 2) производить расчет температурных полей, тепловых потоков и потоков вещества по общепринятым методикам с привлечением соответствующего физико-математического аппарата применительно к задачам профессиональной деятельности; 3) находить и систематизировать необходимую информацию по изучаемым вопросам, работать с учебно-справочной литературой и информационно-поисковыми системами; 4) производить обработку измеренных в процессе эксперимента физических величин, представлять полученные данные в виде соответствующих зависимостей.
	<p>Эталонный:</p> <p>Сформированное умение:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) формулировать закономерности и описывать процессы теплообмена с использованием необходимых терминов, математических формул, графиков. 2) производить расчет температурных полей, тепловых потоков и потоков вещества по общепринятым методикам с привлечением соответствующего физико-математического аппарата применительно к задачам профессиональной деятельности; 3) находить и систематизировать необходимую информацию по изучаемым вопросам, работать с учебно-справочной литературой и информационно-поисковыми системами; 4) производить обработку измеренных в процессе эксперимента физических величин, представлять полученные данные в виде соответствующих зависимостей.
	<p>Пороговый:</p> <p>В целом успешное, но несистематическое владение:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) навыками практических расчетов различных процессов переноса теплоты и вещества; 2) методиками проведения экспериментальных измерений физических величин; 3) навыками оценки погрешностей эксперимента; 4) методами обработки экспериментально полученных значений и представления обработанных данных в аналитической и графической формах, в том числе с применением информационных технологий.

Владеть	Стандартный: В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы во владении: 1) навыками практических расчетов различных процессов переноса теплоты и вещества; 2) методиками проведения экспериментальных измерений физических величин; 3) навыками оценки погрешностей эксперимента; 4) методами обработки экспериментально полученных значений и представления обработанных данных в аналитической и графической формах, в том числе с применением информационных технологий.
	Эталонный: Сформированное владение: 1) навыками практических расчетов различных процессов переноса теплоты и вещества; 2) методиками проведения экспериментальных измерений физических величин; 3) навыками оценки погрешностей эксперимента; 4) методами обработки экспериментально полученных значений и представления обработанных данных в аналитической и графической формах, в том числе с применением информационных технологий.

3. Содержание дисциплины

3.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Очная форма

Модуль	Номер раздела	Наименование раздела	Всего часов	Аудиторные занятия			СРС
				ЛК	ПЗ(СЗ)	ЛР	
1	1	Способы теплообмена. Основные понятия.	4	2			2
	2	Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии при стационарном и нестационарном режимах.	104	16	36	18	34
	3	Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена.	12	6	4		2
	4	Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекании трубы и пучков труб.	32	8	12	8	4
	5	Расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции.	14	4	4	4	2
	6	Теплообмен при фазовых превращениях.	12	6	4		2

	7	Теплообмен излучением, сложный теплообмен.	16	6	4	4	2
	8	Массообмен: поток массы компонента, диффузия, массоотдача.	10	2	4		4
	9	Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов.	12	4	4	2	2
Итого			216	54	72	36	54

Заочная форма

Модуль	Номер раздела	Наименование раздела	Всего часов	Аудиторные занятия			СРС
				ЛК	ПЗ(СЗ)	ЛР	
1	1	Способы теплообмена. Основные понятия.	4	2			2
	2	Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии при стационарном и нестационарном режимах.	104	4	4	4	92
	3	Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена.	12	2			10
	4	теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекании трубы и пучков труб.	32	2	2	2	26
	5	Расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции.	14	1	2		11
	6	Теплообмен при фазовых превращениях.	12		1		11
	7	Теплообмен излучением, сложный теплообмен.	16	1	2	2	11
	8	Массообмен: поток массы компонента, диффузия, массоотдача.	10		1		9
	9	Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов.	12	2	2	4	4
Итого			216	14	14	12	176

3.2. Лекционные занятия

Очная форма

Модуль	Номер раздела	Содержание лекционных занятий
	1	Предмет, цели и задачи курса, связь его с другими дисциплинами. Общие положения передачи теплоты и массы: теплопроводность, конвекция, излучение, диффузия. Основные понятия: температурное поле, градиент температуры, тепловой поток, плотность теплового потока.
	2	Теплопроводность в твердых телах. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Закон Ньютона-Рихмана. Перенос теплоты в плоской стенке при постоянном и переменном коэффициенте теплопроводности при различных граничных условиях. Многослойная плоская стенка. Эквивалентный коэффициент теплопроводности. Теплопередача через однослойную и многослойную цилиндрическую стенку. Критический диаметр цилиндрической стенки. Критический диаметр изоляции. Теплопроводность при наличии внутренних источников теплоты (бесконечные пластины, цилиндрические стержень и стенка). Способы интенсификации теплопередачи. Перенос теплоты по стержню (ребру). Тепловой поток с поверхности ребра. Теплопередача через ребренную стенку. Коэффициент эффективности ребра. Теплопроводность в ребрах переменного сечения. Ребро минимальной массы. Теплопроводность цилиндрических ребер. Нестационарные процессы теплопроводности. Аналитическое описание процесса. Охлаждение (нагревание) неограниченной пластины. Безразмерная форма решения задачи. Числа Био и Фурье. Анализ полученного решения при различных числах Bi и Fo . Определение количества теплоты, отдаваемого пластиной в процессе охлаждения. Температурное поле в процессе охлаждения (нагрева) бесконечно длинного цилиндра, шара. Количество теплоты, отдаваемое цилиндром и шаром в процессе охлаждения. Задача об охлаждении тел конечных размеров. Регулярный режим охлаждения. Теоремы Кондратьева. Определение теплофизических свойств материалов методом регулярного режима.
	3	Конвективный теплообмен в однородной среде. Математическое описание процесса конвективного теплообмена: дифференциальные уравнения энергии, движения, неразрывности. Условия однозначности. Физические свойства жидкостей и газов, существенные для процесса конвективного теплообмена. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Особенности теплообмена при ламинарном и турбулентном режимах течения. Безразмерный вид математического описания конвективного теплообмена. Безразмерные комплексы, число Рейнольдса, число Грасгофа, число Нуссельта. Теория подобия и метод размерностей. Критериальные уравнения.

1

4	Теплообмен и сопротивление при ламинарном и турбулентном пограничном слое на пластине. Задачи Блазиуса и Польгаузена. Аналогия Рейнольдса. Особенности теплообмена при движении теплоносителей в трубах и каналах. Теплообмен и сопротивление при ламинарном течении в трубах. Вязкостный и вязкостно-гравитационный режимы. Теплообмен при вынужденном обтекании трубы и пучков труб. Внешнее обтекание шара. Теплоотдача при течении жидких металлов. Теплообмен при движении газа с большой скоростью. Теплообмен в разряженных газах.
5	Теплообмен при свободной конвекции. Теплоотдача при свободном движении жидкости около пластины, при ламинарном и турбулентном движении. Теплообмен при ламинарном и турбулентном режимах около трубы. Свободная конвекция в ограниченном пространстве (щели, зазоры).
6	Теплообмен при конденсации пара. Пленочная и капельная конденсация. Краевой угол. Уравнение Герца-Кнудсена. Задача Нуссельта. Поправочные коэффициенты на волновое течение и переменность физических свойств конденсата. Теплоотдача при турбулентном течении пленки конденсата, уравнение Лабунцова. Теория Нуссельта - Лабунцова для пленочной конденсации на горизонтальной трубе. Теплообмен при конденсации пара в трубах. Теплообмен при кипении жидкостей. Пленочное и пузырьковое кипение. Критический радиус пузырька. Скорость роста пузырька, отрывной диаметр пузырька. Частота отрыва пузырьков. Расчет коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении в большом объеме. Критические тепловые нагрузки при кипении. Режимы течения парожидкостной смеси. Кризис второго рода.
7	Методы исследования лучистых потоков. Лучистый теплообмен между двумя безграничными пластинами, концентрическими сферами и коаксиальными телами. Теплообмен между телами произвольно расположенными в пространстве, разделенными прозрачной средой. Угловые коэффициенты излучения. Свойства лучистых потоков.
8	Диффузия. Поток массы компонента. Вектор плотности потока массы. Закон Фика. Коэффициент диффузии. Термо- и бародиффузия. Дифференциальные уравнения совместных процессов массо- и теплообмена. Диффузионный пограничный слой. Массоотдача около полупроницаемой стенки, поток Стефана.

9	<p>Классификация теплообменных аппаратов. Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Температурный напор при прямоточной, противоточной и сложной схемах движения теплоносителей. Тепловой расчет рекуперативных теплообменников. Сравнение тепловой эффективности прямоточной и противоточной схем рекуперативных теплообменников. Понятие о расчете смесительных и регенеративных теплообменных аппаратов. Гидравлический расчет теплообменников.</p>
---	---

Заочная форма

Модуль	Номер раздела	Содержание лекционных занятий
1	1	Предмет, цели и задачи курса, связь его с другими дисциплинами. Общие положения передачи теплоты и массы: теплопроводность, конвекция, излучение, диффузия.
	2	Перенос теплоты в плоской стенке при постоянном и переменном коэффициенте теплопроводности при различных граничных условиях. Многослойная плоская стенка. Теплопередача через однослойную и многослойную цилиндрическую стенку. Критический диаметр цилиндрической стенки. Критический диаметр изоляции. Нестационарные процессы теплопроводности. Аналитическое описание процесса. Охлаждение (нагревание) неограниченной пластины. Числа Био и Фурье. Анализ полученного решения при различных числах Bi и Fo . Определение количества теплоты, отдаваемого пластиной в процессе охлаждения. Температурное поле в процессе охлаждения (нагревания) бесконечно длинного цилиндра, шара. Количество теплоты, отдаваемое цилиндром и шаром в процессе охлаждения. Задача об охлаждении тел конечных размеров.
	3	Конвективный теплообмен в однородной среде. Математическое описание процесса конвективного теплообмена: дифференциальные уравнения энергии, движения, неразрывности. Условия однозначности. Физические свойства жидкостей и газов, существенные для процесса конвективного теплообмена. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Особенности теплообмена при ламинарном и турбулентном режимах течения.
	4	Особенности теплообмена при движении теплоносителей в трубах и каналах. Теплообмен и сопротивление при ламинарном течении в трубах. Вязкостный и вязкостно-гравитационный режимы. Теплообмен при вынужденном обтекании трубы и пучков труб. Внешнее обтекание шара.

5	Теплообмен при свободной конвекции. Теплоотдача при свободном движении жидкости около вертикальной пластины, при ламинарном и турбулентном движении. Теплообмен при ламинарном и турбулентном режимах около трубы.
6	Теплообмен при фазовых превращениях. (Полностью выносится на самостоятельное изучение).
7	Физическая природа, понятия и законы теплового излучения. Интегральные и спектральные характеристики энергии излучения: поток, плотность потока, интенсивность излучения.
8	Массообмен: поток массы компонента, диффузия, массоотдача. (Полностью выносится на самостоятельное изучение).
9	Классификация теплообменных аппаратов. Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Температурный напор при прямоточной, противоточной и сложной схемах движения теплоносителей. Тепловой расчет рекуперативных теплообменников.

3.3. Практические (семинарские) занятия

Очная форма

Модуль	Номер раздела	Содержание практических(семинарских) занятий
	1	
	2	Теплопроводность пластины при граничных условиях I и III рода. Теплопроводность цилиндрической стенки при граничных условиях I и III рода. Теплопроводность многослойных стенок. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки. Критический диаметр изоляции. Теплопроводность в ребрах. Эффективность ребра. Передача теплоты через ребристую плоскую и цилиндрическую стенку. Теплопроводность при наличии внутренних источников теплоты в телах различной формы. Нестационарная теплопроводность в пластине и цилиндрическом стержне. Нестационарная теплопроводность тел ограниченных размеров.
	3	Обработка опытных данных методом теории подобия.

1	4	Теплоотдача при вынужденном омывании пластины. Теплоотдача при ламинарном движении в трубах. Теплоотдача при турбулентном движении в трубах. Теплообмен при омывании одиночной трубы. Теплообмен при омывании пучков труб. Теплообмен в жидких металлах.
	5	Расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции возле вертикальных и горизонтальных поверхностей.
	6	Теплообмен при конденсации. Теплообмен при кипении.
	7	Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой. Теплообмен излучением в поглощающей среде.
	8	Тепло- и массоперенос в двухкомпонентных средах.
	9	Тепловой расчет теплообменных аппаратов.

Заочная форма

Модуль	Номер раздела	Содержание практических(семинарских) занятий
1	1	
	2	Теплопроводность многослойных стенок плоских и цилиндрических стенок. Нестационарная теплопроводность в пластине и цилиндрическом стержне.
	3	
	4	Теплоотдача при ламинарном и турбулентном движении в трубах.
	5	Расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции возле вертикальных поверхностей.
	6	Теплообмен при конденсации.

7	Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой. Теплообмен излучением в поглощающей среде.
8	Массоперенос в двухкомпонентных средах.
9	Тепловой расчет теплообменных аппаратов.

3.4. Лабораторные занятия

Очная форма

Модуль	Номер раздела	Содержание лабораторных занятий
1	1	
	2	Определение коэффициента теплопроводности методом пластины. Расчет стационарного температурного поля в составной двухслойной стенке с источниками теплоты. Расчет теплопередачи между теплоносителями, разделенными цилиндрической стенкой. Расчет температурных полей и эффективности ребер. Расчет нестационарного теплового режима с равномерным температурным полем. Расчеты одномерной нестационарной задачи теплопроводности в плоской, цилиндрической и сферической многослойной стенке. Решение двумерной нестационарной задачи теплопроводности.
	3	
	4	Расчет одномерных распределений температуры стенки и жидкости по длине канала. Расчет конвективного теплообмена при ламинарном течении в круглой трубе. Расчет конвективного теплообмена при ламинарном продольном обтекании пластины. Теплоотдача при вынужденном движении в трубе.
	5	Определение местных коэффициентов теплоотдачи при свободном движении возле вертикальной трубы. Исследование теплоотдачи при свободном движении жидкости возле горизонтальной трубы.
	6	

	7	Расчет лучистых потоков в асимметричной системе серых поверхностей диффузным излучением и отражением. Расчет радиационно-кондуктивного теплообмена в плоском слое поглощающей и излучающей среды.
	8	
	9	Расчет теплообменников типа “труба в трубе”.

Заочная форма

Модуль	Номер раздела	Содержание лабораторных занятий
1	1	
	2	Расчет стационарного температурного поля в составной двухслойной стенке с источниками теплоты. Расчет теплопередачи между теплоносителями, разделенными цилиндрической стенкой. Расчет температурных полей и эффективности ребер.
	3	
	4	Расчет конвективного теплообмена при ламинарном продольном обтекании пластины.
	5	
	6	
	7	Расчет лучистых потоков в асимметричной системе серых поверхностей диффузным излучением и отражением.
	8	
	9	Расчет теплообменников типа “труба в трубе”.

3.5. Организация самостоятельной работы

Очная форма

Модуль	Номер раздела	Содержание материала выносимого на самостоятельное изучение	Виды самостоятельной работы
--------	---------------	---	-----------------------------

1	1	Способы теплообмена. Основные понятия.	Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта
1	2	Теплопроводность в твердых телах. Коэффициент теплопроводности различных материалов и веществ. Дифференциальное уравнение теплопроводности для анизотропных тел. Дифференциальное уравнение теплопроводности для высокоинтенсивных нестационарных процессов. Теплопередача через однослойные и многослойные стенки. Обобщенный метод решения задач теплопроводности. Теплообмен в ребрах. Теплопроводность плоской полуограниченной пластины. Нестационарная теплопроводность в телах различной формы. Приближенные методы решения задач теплопроводности.	Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта. решение задач, обработка и анализ полученных данных.
1	3	Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена. Общие вопросы обработки результатов измерений и расчета конвективной теплоотдачи.	Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта; решение задач
1	4	Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекание трубы и пучка труб, шара.	Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта. решение задач, обработка и анализ полученных данных.
1	5	Свободная конвекция в большом объеме и в ограниченном пространстве.	Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта. решение задач, обработка и анализ полученных данных.

1	6	Теплообмен при фазовых превращениях. Конденсация подвижного пара внутри труб. Конденсация подвижного пара на пучках труб. Теплообмен при пленочном кипении жидкости.	Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта; решение задач
1	7	Теплообмен излучением, сложный теплообмен. Исследование лучистого теплообмена в произвольной замкнутой системе тел. Методы исследования лучистого теплообмена. Теплообмен в поглощающих и излучающих средах.	Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта. решение задач, обработка и анализ полученных данных.
1	8	Процессы массо- и теплообмена. Аналогия процессов теплообмена и массообмена. Тепло- и массообмен при конденсации пара из парогазовой смеси. Тепло- и массообмен при химических превращениях.	Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта; решение задач
1	9	Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов. Методы определения температур поверхностей теплообмена. Расчет регенеративных теплообменников.	Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта. решение задач, обработка и анализ полученных данных.

Заочная форма

Модуль	Номер раздела	Содержание материала выносимого на самостоятельное изучение	Виды самостоятельной работы
1	1	Способы теплообмена. Основные понятия.	Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта, выполнение контрольной работы, обработка и анализ полученных данных.

1	2	<p>Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии при стационарном и нестационарном режимах. Теплообмен в ребрах. Теплопроводность плоской полуограниченной пластины. Нестационарная теплопроводность в телах различной формы. Приближенные методы решения задач теплопроводности.</p>	<p>Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта, выполнение контрольной работы, обработка и анализ полученных данных.</p>
1	3	<p>Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена. Общие вопросы обработки результатов измерений и расчета конвективной теплоотдачи.</p>	<p>Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта, выполнение контрольной работы, обработка и анализ полученных данных.</p>
1	4	<p>Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекание трубы и пучка труб, шара.</p>	<p>Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта, выполнение контрольной работы, обработка и анализ полученных данных.</p>
1	5	<p>Свободная конвекция в большом объеме и в ограниченном пространстве.</p>	<p>Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта, выполнение контрольной работы, обработка и анализ полученных данных.</p>

1	6	Теплообмен при фазовых превращениях. Конденсация подвижного пара внутри труб. Конденсация подвижного пара на пучках труб. Теплообмен при пленочном кипении жидкости.	Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта, выполнение контрольной работы, обработка и анализ полученных данных.
1	7	Теплообмен излучением, сложный теплообмен. Исследование лучистого теплообмена в произвольной замкнутой системе тел. Методы исследования лучистого теплообмена. Теплообмен в поглощающих и излучающих средах.	Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта, выполнение контрольной работы, обработка и анализ полученных данных.
1	8	Процессы массо- и теплообмена. Аналогия процессов теплообмена и массообмена. Тепло-и массообмен при конденсации пара из парогазовой смеси. Тепло- и массообмен при химических превращениях.	Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта, выполнение контрольной работы, обработка и анализ полученных данных.
1	9	Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов. Методы определения температур поверхностей теплообмена. Расчет рекуперативных и регенеративных теплообменников.	Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта, выполнение контрольной работы, обработка и анализ полученных данных.

4. Интерактивные формы образовательных технологий

Модуль	Номер раздела	Вид учебных занятий	Образовательные технологии	Количество часов
1	1	лекция	Лекция с использованием мультимедиа. (Способы теплообмена. Основные понятия.)	2
1	2	лекция	Лекции с использованием мультимедиа (Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии при стационарном и нестационарном режимах.)	16
1	3	лекция	Лекции с использованием мультимедиа. (Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена.)	6
1	4	лекция	Лекции с использованием мультимедиа. (Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекании трубы и пучка труб.)	8
1	5	лекция	Лекции с использованием мультимедиа. (Расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции.)	4
1	6	лекция	Лекции с использованием мультимедиа. (Теплообмен при фазовых превращениях).	6
1	7	лекция	Лекции с использованием мультимедиа. (Теплообмен излучением, сложный теплообмен).	6
1	8	лекция	Лекция с использованием мультимедиа. (Массообмен: поток массы компонента, диффузия, массоотдача).	2
1	9	лекции	Лекция с использованием мультимедиа. (Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов).	4

5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

[Фонд оценочных средств](#)

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Основная литература

6.1.1. Печатные издания

Брюханов, О.Н. Тепломассообмен : учебник / О. Н. Брюханов, С. Н. Шевченко. - Москва : ИНФРА-М, 2012. - 464 с. - (Высшее образование) (Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-004803-1 : 339-90.

Кудинов, Анатолий Александрович. Тепломассообмен : учеб. пособие / Кудинов

Анатолий Александрович. - Москва : ИНФРА-М, 2012. - 375 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-004729-4 : 399-85.

Кузьмина, Татьяна Витальевна. Теплофизика : учеб. пособие / Кузьмина Татьяна Витальевна, Белкин Сергей Юрьевич, Дружинин Анатолий Прокопович. - Чита : ЗабГУ, 2012. - 107 с. - ISBN 978-5-9293-0832-1 : 83-00.

Цветков, Федор Федотович. Тепломассообмен / Цветков Федор Федотович, Григорьев Борис Афанасьевич; учеб. пособие. - 2-е изд., исправ. и доп. - Москва : МЭИ, 2005. - 550с. : ил. - ISBN 5-7046-1270-9 : 960-00.

Примеры и задачи по тепломассообмену : учеб. пособие / В. С. Логинов [и др.]. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2011. - 256 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1132-0 : 449-90.

6.1.2. Издания из ЭБС

Мирам, А.О. Техническая термодинамика. Тепломассообмен : Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ по образованию в области строительства в качестве учебника для студентов, обучающихся по направлению 270100 "Строительство" / А. О. Мирам, В. А. Павленко; Мирам А.О.; Павленко В.А. - Moscow : АСВ, 2016. - Техническая термодинамика. Тепломассообмен [Электронный ресурс] : Учебное издание / Мирам А.О., Павленко В.А. - М. : Издательство АСВ, 2016. - ISBN 978-5-93093-841-8. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938418.html>

6.2. Дополнительная литература

6.2.1. Печатные издания

Теплотехника : учебник / под ред. В.Н. Луканина. - 3-е изд., испр. - Москва : Высшая школа, 2002. - 671с. : ил. - ISBN 5-06-003958-7 : 130-00.

Тепло и массообмен. Теплотехнический эксперимент : справ. / по ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. - Москва : Энергоиздат, 1982. - 512 с. : ил. - 3-20.

Исаев, С.И. Теория тепломассообмена : учебник / С. И. Исаев, И. А. Кожин, В. И. Кофанов; под ред. А.И. Леонтьева. - Москва : Высш. шк., 1979. - 495 с. : ил. - 1-40.

Лыков, Алексей Васильевич. Тепломассообмен : справ. / Лыков Алексей Васильевич. - Москва : Энергия, 1972. - 560с. : ил. - 2-15.

6.2.2. Издания из ЭБС

Кудинов, Василий Александрович. Техническая термодинамика и теплопередача : Учебник / Кудинов Василий Александрович; Кудинов В.А., Карташов Э.М., Стефанюк Е.В. - 3-е изд. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 442. - (Бакалавр. Академический курс). - ISBN 978-5-534-00781-7 : 163.80.

<https://www.biblio-online.ru/book/EFA5B946-B5A6-4C71-AE60-3DAFCC7163EC>

6.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<https://e.lanbook.com/> Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань».

<https://www.biblio-online.ru/> Электронно-библиотечная система «Юрайт»

<https://elibrary.ru/> Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

<http://www.nlr.ru/> Российская национальная библиотека

<http://www.gpntb.ru/> Государственная публичная научно-техническая библиотека России

<http://techlib.org> Библиотека технической литературы

<http://techlibrary.ru/> Техническая библиотека

<http://www.tehlit.ru/> ТехЛит.ру

7. Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение общего назначения: ОС Microsoft Windows, Microsoft Office, ABBYY FineReader, ESET NOD32 Smart Security Business Edition, Foxit Reader, АИБС "МераПро".

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

672039, г. Чита, ул. Баргузинская, 49, корпус 1, ауд. 03-109

Лаборатория теплообмена. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Комплект специализированной учебной мебели.

Доска аудиторная маркерная.

Учебно-наглядные пособия по теплообмену, обеспечивающие тематические иллюстрации, электронные плакаты по курсу «Теплообмен».

Мультимедийное оборудование (переносное): ноутбук, проектор (хранится в ауд.03-116).

Установка ТП-001

Установка ТП-003

Установка ТП-004

Установка ТП-005

Установка ТП-011

672039, г. Чита, ул. Баргузинская, 49, корпус 1, ауд. 03-122

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

672039, г. Чита, ул. Баргузинская, 49, корпус 1, ауд. 03-120

Учебная аудитория для проведения курсового и дипломного проектирования, самостоятельной работы.

Комплект специализированной учебной мебели.

Доска аудиторная маркерная.

Мультимедийное оборудование (переносное): ноутбук, проектор.

ПК-6 шт. (в т.ч. преподавательский), принтер - 3 шт.

Доступ к сети Интернет и обеспечение доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

9. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Студентам необходимо ознакомиться: - с содержанием рабочей программы дисциплины (далее - РПД), с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине, имеющимся на кафедре, с графиком консультаций преподавателей кафедры.

Рекомендации по подготовке к лекционным занятиям (теоретический курс)

Для успешного изучения дисциплины необходимо посещать все лекции, так как тематический материал взаимосвязан между собой и пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. В случаях пропуска занятия студенту необходимо самостоятельно изучить материал и ответить на контрольные вопросы по пропущенной теме.

Студентам необходимо:

- вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. В рабочих конспектах лекций желательно оставлять поля, на которых делаются пометки при изучении рекомендованной литературы;

- перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции и доработать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературных источников. При затруднениях в восприятии материала необходимо обратиться к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

- на отдельные лекции приносить соответствующий материал на бумажных носителях, представленный лектором персонально (таблицы, графики схемы). Данный материал

будет охарактеризован, прокомментирован, дополнен непосредственно на лекции;

Рекомендации по подготовке к практическим занятиям

Целью практических занятий является углубление и закрепление теоретических знаний, полученных обучающимися на лекциях и в процессе самостоятельного изучения учебного материала, а, следовательно, формирование у них определенных умений и навыков. В ходе подготовки к практическому занятию необходимо прочитать конспект лекции, изучить основную литературу и выполнить выданные преподавателем практические задания.

Студентам следует:

- приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;
- до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;
- в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для решения;
- в ходе практического занятия давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов;
- на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов, в случае затруднений обращаться к преподавателю

9.3. Рекомендации по выполнению лабораторных работ

Выполнение лабораторных работ является неотъемлемой частью изучения дисциплины и призвано способствовать лучшему усвоению обучающимися теоретической части курса, приобретению практических навыков к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата.

Перед выполнением лабораторной работы студенту необходимо провести соответствующую самостоятельную подготовку. Студент должен ознакомиться с необходимыми теоретическими сведениями, описанием установки, порядком выполнения лабораторной работы. По результатам экспериментальных измерений обучающемуся требуется выполнить необходимые расчеты и построить соответствующие графики и оформить отчет по работе.

Отчет по лабораторной работе должен содержать название, цель работы, краткие теоретические сведения, описание установки, результаты измерений и обработки данных, а также необходимые графические зависимости и выводы.

Рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Самостоятельная работа приводит обучающегося к получению нового знания, упорядочению и углублению имеющихся знаний, формированию у него профессиональных навыков и умений. Самостоятельная работа выполняет ряд функций: развивающую; информационно-обучающую; ориентирующую и стимулирующую; воспитывающую; исследовательскую. Это и позволяет сформировать нужные компетенции в ходе изучения дисциплины. Студентам рекомендуется с самого начала освоения курса работать с литературой и предлагаемыми заданиями в форме подготовки к очередному аудиторному занятию. При этом актуализируются имеющиеся знания, а также создается база для усвоения нового материала, возникают вопросы, ответы на которые студент получает в аудитории.

Самостоятельная работа студентов включает в себя выполнение индивидуальных заданий которые ориентированы на более глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины. К выполнению заданий для самостоятельной работы предъявляются следующие требования: задания должны исполняться самостоятельно и представляться в установленный срок, а также соответствовать установленным требованиям по оформлению. Студентам следует выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельного выполнения, и разбирать на семинарах и консультациях неясные вопросы.

Методические рекомендации по выполнению контрольной работы для студентов заочной

формы обучения:

Основной формой обучения студента заочной формы обучения является самостоятельная работа над учебным материалом, включающая чтение учебников, решение задач, выполнение контрольных заданий.

После изучения перечисленных разделов студент должен выполнить контрольные работы по варианту, выбранному в соответствии с методическими указаниями, имеющимися на кафедре. Контрольную работу следует выполнять в отдельной тетради (12-18 листов). Правила выполнения контрольной работы:

- в работу должны быть включены все вопросы и задачи, указанные в задании, строго по положенному варианту контрольной работы.

- перед решением каждой задачи необходимо полностью выписать ее условие.

- ответы на вопросы и решение задач следует выполнять подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу решения и делая необходимые схемы, графики, эскизы и чертежи.

Рекомендации по подготовке к зачету, экзамену

При подготовке к зачету или экзамену студент должен повторно изучить конспекты лекций и рекомендованную литературу, просмотреть решения основных задач, выполненных самостоятельно и на практических занятиях, а также составить примерные письменные планы ответов на все вопросы, вынесенные на экзамен.

Разработчик/группа разработчиков: Мирошников С.Ф,

**Рассмотрена на заседании кафедры
(протокол от 01.09.2017 г. №)**