
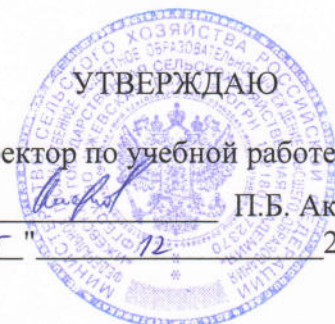


МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Рег. № Б-21-11

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

П.Б. Акмаров
" 15 " 12 2015 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Тепломассообмен

Направление подготовки *«Теплоэнергетика и теплотехника»*

Профиль *«Энергообеспечение предприятий»*

Квалификация выпускника – *бакалавр*

Форма обучения – *очная, заочная*

Ижевск 2015

Оглавление

<u>1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕПЛОМАССОБМЕН»</u>	3
<u>2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП</u>	4
<u>3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ</u> ...	5
<u>4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (очная форма)</u>	7
<u>СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (заочная форма)</u>	20
<u>5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</u>	33
<u>6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ</u>	34
<u>7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕПЛОМАССОБМЕН»</u>	44
<u>8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕПЛОМАССОБМЕН»</u>	46
<u>ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ</u>	48

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕПЛОМАССОБМЕН»

Целью освоения дисциплины (модуля) «Тепломассообмен» является изучение закономерностей основных процессов переноса тепла и массы, освоение методов решения различных задач тепломассообмена, приобретение навыков экспериментального исследования процессов тепломассообмена посредством физического и математического моделирования.

Задачи дисциплины:

Овладение студентами основными понятиями тепло- и массообмена, терминологией, основными процессами передачи теплоты и их закономерностями, методами расчета процессов, методами расчета и экспериментального определения термических свойств материалов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть основными требованиями, характеризующими профессиональную деятельность бакалавров.

Область профессиональной деятельности бакалавров

Область профессиональной деятельности бакалавров включает исследование, проектирование, конструирование и эксплуатацию технических средств по производству теплоты, ее применению, управлению ее потоками и преобразованию иных видов энергии в теплоту.

Объекты профессиональной деятельности выпускника

Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу бакалавриата, являются системы энергообеспечения промышленных и коммунальных предприятий, объекты малой энергетики, установки, системы и комплексы низкотемпературной и высокотемпературной теплотехнологии, паровые и водогрейные котлы различного назначения, реакторы и парогенераторы атомных электростанций, паровые и газовые турбины, газопоршневые двигатели (двигатели внутреннего и внешнего сгорания), энергоблоки, парогазовые и газотурбинные установки, установки по производству сжатых и сжиженных газов, установки систем кондиционирования воздуха, компрессорные, холодильные установки, тепловые насосы и химические реакторы, топливные элементы, электрохимические энергоустановки, установки водородной энергетики, вспомогательное теплотехнологическое и электрическое оборудование промышленных предприятий, тепло- и массообменное оборудование различного назначения, тепловые и электрические сети, теплотехнологическое и электрическое оборудование промышленных предприятий, установки кондиционирования теплоносителей и рабочих тел, технологические жидкости, газы и пары, расплавы, твердые и сыпучие тела, как теплоносители и рабочие тела энергетических и теплотехнологических установок, топливо и масла, нормативно-техническая документация и системы стандартизации, системы диагностики и автоматизированного управления технологическими процессами в теплоэнергетике и теплотехнике.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Тепломассообмен» включена в цикл Б.1 Дисциплины, базовая часть.

Организация изучения дисциплины предусматривает чтение лекций, проведение практических и лабораторных занятий, самостоятельную работу студентов по темам дисциплины.

Для изучения дисциплины «Тепломассообмен» необходимы следующие знания, умения и навыки:

Знание: дифференциального и интегрального исчислений, элементов теории функций и функционального анализа, дифференциальных уравнений, статистических методов обработки экспериментальных данных; законов сохранения, кинематики и динамики твердого тела, жидкостей и газов, электричество, природы химической связи; статистической физики и термодинамики: три начала термодинамики, термодинамические функции состояния, фазовые равновесия и превращения, кинетические явления; периодической системы и строения атомов элементов; химической связи, строения вещества в конденсированном состоянии; растворов, растворов электролитов; равновесия в растворах; окислительно-восстановительных реакций; гидролиза солей; скорости химических реакций; химии элементов групп периодической системы; классификации, строения и номенклатуры органических соединений; свойств основных классов органических соединений.

Умение: использовать математический аппарат, знание физических и химических свойств веществ при изучении термодинамических свойств веществ и расчете их процессов; использовать информационные технологии при изучении естественнонаучных дисциплин.

Навыки: владение методами дифференцирования, интегрирования функций, основными аналитическими и численными методами решения алгебраических и дифференциальных уравнений и их систем; основными методами теоретического и экспериментального исследования физических и химических явлений; методами поиска и обработки информации как вручную, так и с применением современных информационных технологий.

Содержательно-логические связи дисциплины отражены в таблице 2.1

2.1 Содержательно-логические связи дисциплины (модуля) Тепломассообмен

Код дисциплины (модуля)	Содержательно-логические связи	
	коды и название учебных дисциплин (модулей), практик	
	на которые опирается содержание данной учебной дисциплины (модуля)	для которых содержание данной учебной дисциплины (модуля) выступает опорой
Б1.Б.21	Математика Спецглавы математики Физика Химия Экология Техническая термодинамика	Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии Котельные установки и парогенераторы Технологические энергосистемы предприятия Тепломассообменное оборудование предприятий Источники и системы теплоснабжения предприятий Безопасность жизнедеятельности Подготовка выпускной квалификационной задачи

3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

3.1 Перечень общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций

Номер/индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
		Знать	Уметь	Владеть
ОПК-2	способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	базовыми знаниями в области естественнонаучных дисциплин, методами выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; способностью применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

Согласно Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (бакалавриат), область профессиональной деятельности выпускника включает участие в монтажных, пусконаладочных работах, предварительных испытаниях, опытной эксплуатации и приемке (сдаче) в эксплуатацию энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования в целом, а также изделий, узлов, систем и деталей в отдельности.

Выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен быть готов решать следующие профессиональные задачи:

- расчет и проектирование деталей и узлов в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования;
- контроль соблюдения норм расхода топлива и всех видов энергии;
- организация метрологического обеспечения технологических процессов;
- участие в работах по освоению и доводке технологических процессов в ходе подготовки производства продукции;

- обслуживание технологического оборудования;
- участие в проверке технического состояния и остаточного ресурса оборудования, организации профилактических осмотров и текущего ремонта.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть основными требованиями, характеризующими профессиональную деятельность бакалавров.

Знать:

- законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты;
- калорические и переносные свойства веществ применительно к рабочим телам тепловых машин и теплоносителям;
- механизмы и законы переноса теплоты и массы;
- методы анализа процессов теплообмена;
- элементы теории подобия и ее применение при изучении процессов переноса;
- физическое и математическое моделирование процессов тепло- и массообмена.

Уметь:

- рассчитывать температурные поля в потоках технологических жидкостей и газов;
- рассчитывать температурные поля в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов тепломассообмена;
- проводить анализ процессов тепло и массопереноса в печных агрегатах;
- уметь рассчитывать основные параметры процессов массо- и теплопереноса;
- использовать методы математического моделирования для описания процессов массо- и теплопереноса.

Владеть:

- основами расчета процессов тепломассопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования;
- понятийно-терминологическим аппаратом в области тепломассообмена;
- навыками рационализации профессиональной деятельности.

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (очная форма)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

Семес- тр	Аудито- рных	Самост. работа	Лекций	Лаборат- орных	Практич- еских	Промежуточная аттестация	Всего часов
5	48	60	20	14	14	зачет	108
6	72	45	22	18	32	27- экзамен	144
всего	120	105	42	32	46		252

4.1 Структура дисциплины

№ п/п	Семестр	Недели семестра	Раздел дисциплины (модуля), темы раздела	Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость (в часах)						Форма: -текущего контроля успеваемости, СРС (по неделям семестра); -промежуточной аттестации (по семестрам) КРС
				всего	лекция	практические	лаб. занятия	семинары	СРС	
1	5		Модуль 1. Стационарная теплопроводность	36	6	6	4	-	20	
		1	Теплопроводность. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности	6	2		-	-	4	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
		2	Стационарная теплопроводность плоской однородной стенки без внутренних источников тепла	7	1	2		-	4	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита лабораторных работ
		2	Теплопроводность плоской стенки при наличии внутренних источников тепла	6	1	1	-	-	4	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
		3	Теплопроводность цилиндрической стенки без внутренних источников тепла	9	1	2	-	-	4	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
		3	Теплопроводность цилиндрической стенки при наличии	8	1	1	4	-	4	Решение задач. Защита результатов лаб.

			внутренних источников тепла							работы.
2	5		Модуль 2. Нестационарная теплопроводность	12	2	2	-	-	8	
		4	Температурное поле в процессе охлаждения (нагрева) пластины, стержня	6	1	1	-	-	4	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
		4	Температурное поле в процессе охлаждения (нагрева) бесконечно длинного цилиндра, шара и тел неправильной формы	6	1	1	-	-	4	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
3	5		Модуль 3. Конвективный теплообмен в однородной среде	60	12	6	10	-	32	
		5	Уравнения теории конвективного теплообмена	6	2	-	-	-	4	Экспресс-опрос на лекции.
		6	Теория подобия в конвективном теплообмене. Числа подобия, характеризующие процессы конвективного теплообмена	7	2	1	-	-	4	Экспресс-опрос на лекции. Защита результатов лаб. работы.
		7	Теплоотдача при свободной конвекции в большом объеме около вертикальных поверхностей	9	2	1	-	-	4	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
		8	Свободная конвекция около горизонтальных поверхностей. Свободная конвекция в ограниченном пространстве	10	2	1	6	-	5	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
		9	Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности	10	2	1	-	-	5	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
		10	Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб	9	1	1	4	-	5	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб.

										работы.
		10	Описание процесса вынужденного течения жидкости в трубах. Определение коэффициентов теплоотдачи.	9	1	1	-	-	5	Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
			Промежуточная аттестация							Зачет
Итого 5 семестр				108	20	14	14		60	
4	6		Модуль 4. Теплообмен при фазовых превращениях	20	4	4	-	-	12	
		1	Теплообмен при конденсации неподвижного пара.	7	1	2		-	4	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
		1	Теплообмен при конденсации движущегося пара.	5	1				4	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
		2	Теплообмен при кипении	8	2	2		-	4	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач..
5	6		Модуль 5. Лучистый теплообмен	41	8	12	6	-	15	
		3	Основные понятия и законы теплового излучения	9	2	2		-	3	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
		4	Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой.	13	2	4	4	-	3	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
		5	Тело с оболочкой и произвольно расположенные тела	6	2	2	2	-	3	Экспресс-опрос на лекции. Защита результатов лаб. работы.
		6	Излучение газов и паров.	6	1	2	-	-	3	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач
		6	Лучистый теплообмен между газом и оболочкой.	6	1	2	-	-	3	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование.
6	6		Модуль 6. Теплопередача	40	6	12	12		10	
		7	Теплопередача через плоскую стенку	13	2	4	4		3	Экспресс-опрос на лекции.

										Защита результатов лаб. работы.
		8	Теплопередача через цилиндрическую стенку	14	2	4	4		4	Экспресс-опрос на лекции. Защита результатов лаб. работы.
		9	Теплообменные аппараты и основы их расчета	13	2	4	4		3	Экспресс-опрос на лекции. Защита результатов лаб. работы.
7	6		Модуль 7 Массоотдача	16	4	4		-	8	
		10	Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах. Основные положения тепло- и массообмена. Тройная аналогия	7	2	2			3	Экспресс-опрос на лекции.
		11	Тепло- и массоотдача при испарении жидкости в парогазовую среду.	6	1	2			3	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
		11	Тепло- и массообмен при химических превращениях	3	1				2	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование.
			Промежуточная аттестация	27						Экзамен
			Итого 6 семестр	144	22	32	18		45	
			Итого	252	42	46	32		105	

4.2 Матрица формируемых дисциплиной компетенций

Разделы и темы дисциплины	Количество часов	Компетенции (вместо цифр – шифр и номер компетенции из ФГОС ВПО)	
		1	общее количество компетенций
Модуль 1. Стационарные процессы переноса теплоты в твердых телах	36		
Теплопроводность. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности	6	ОПК-2	1
Стационарная теплопроводность плоской однородной стенки без внутренних источников тепла	7	ОПК-2	1
Теплопроводность плоской стенки при наличии внутренних источников тепла	6	ОПК-2	1
Теплопроводность цилиндрической стенки без внутренних источников тепла	9	ОПК-2	1

Теплопроводность цилиндрической стенки при наличии внутренних источников тепла	8		
Модуль 2 . Нестационарная теплопроводность	12		
Температурное поле в процессе охлаждения (нагрева) пластины, стержня	6	ОПК-2	1
Температурное поле в процессе охлаждения (нагревания) бесконечно длинного цилиндра, шара и тел неправильной формы	6	ОПК-2	1
Модуль 3. Конвективный теплообмен в однородной среде	60		
Уравнения теории конвективного теплообмена	6	ОПК-2	1
Теория подобия в конвективном теплообмене. Числа подобия, характеризующие процессы конвективного теплообмена	7	ОПК-2	1
Теплоотдача при свободной конвекции в большом объеме около вертикальных поверхностей	9		
Свободная конвекция около горизонтальных поверхностей. Свободная конвекция в ограниченном пространстве	10	ОПК-2	1
Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности	10	ОПК-2	1
Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб	9	ОПК-2	1
Описание процесса вынужденного течения жидкости в трубах. Определение коэффициентов теплоотдачи.	9	ОПК-2	1
Модуль 4. Теплообмен при фазовых превращениях	20		
Теплообмен при конденсации неподвижного пара.	7	ОПК-2	1
Теплообмен при конденсации движущегося пара.	5		
Теплообмен при кипении	8	ОПК-2	1
Модуль 5. Лучистый теплообмен	43		
Основные понятия и законы теплового излучения	9	ОПК-2	1
Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной (диатермичной) средой.	13	ОПК-2	1
Тело с оболочкой и произвольно расположенные тела	9	ОПК-2	1
Излучение газов и паров.	6	ОПК-2	1
Лучистый теплообмен между газом и оболочкой.	6	ОПК-2	1
Модуль 6. Теплопередача	38		
Теплопередача через плоскую стенку	13	ОПК-2	1
Теплопередача через цилиндрическую стенку	12	ОПК-2	1
Теплообменные аппараты и основы их расчета	13	ОПК-2	1
Модуль 7. Массоотдача	16		
Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах. Основные положения тепло- и массообмена Тройная аналогия	7	ОПК-2	1
Тепло- и массоотдача при испарении жидкости в парогазовую среду.	6	ОПК-2	1
Тепло- и массообмен при химических превращениях	3	ОПК-2	1

4.3 Содержание разделов дисциплины (модуля)

	Название раздела	Содержание раздела в дидактических единицах
Модуль 1. Стационарные процессы переноса теплоты в твердых телах		
1	Теплопроводность. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности	Методы исследования тепловых процессов. Основные понятия, используемые при описании процессов переноса тепла. Температурное поле. Температурный градиент. Тепловой поток. Плотность теплового потока. Закон Фурье, коэффициент теплопроводности. Математическая формулировка задач теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Краевые условия задач теплопроводности, различные способы задания граничных условий. Закон Ньютона – Рихмана.
2	Стационарная теплопроводность плоской однородной стенки без внутренних источников тепла	Температурное поле в плоской стенке при граничных условиях первого рода. Приведение уравнений к безразмерному виду. Зависимость коэффициента теплопроводности от температуры. Теплопроводность через многослойную стенку. Эквивалентный коэффициент теплопроводности плоской стенки.
3	Теплопроводность плоской стенки при наличии внутренних источников тепла	Плотность объемного тепловыделения. Температурное поле в плоской стенке при наличии тепловыделений. Симметричные условия охлаждения пластины. Пластина с одной теплоизолированной поверхностью. Пластина с разными (постоянными) температурами поверхностей. Критерий Померанцева. Несимметричные условия охлаждения пластины.
4	Теплопроводность цилиндрической стенки без внутренних источников тепла	Линейная плотность теплового потока. Температурное поле в цилиндрической стенке при граничных условиях первого рода. Теплопроводность через многослойную цилиндрическую стенку. Эквивалентный коэффициент теплопроводности цилиндрической стенки. Теплопроводность через цилиндрическую стенку при граничных условиях третьего рода (теплопередача).
5	Теплопроводность цилиндрической стенки при наличии внутренних источников тепла	Температурное поле в цилиндрической стенке при наличии внутренних источников тепла. Теплопроводность однородного цилиндрического стержня при наличии тепловыделений. Теплопроводность цилиндрической стенки с внутренними источниками тепла: тепло отводится только через внутреннюю поверхность, тепло отводится только через наружную поверхность, тепло отводится через обе поверхности.
Модуль 2. Нестационарная теплопроводность		
6	Температурное поле в процессе охлаждения (нагрева) пластины, стержня	Аналитическое описание процесса. Основные понятия метода нестационарной теплопроводности: безразмерная избыточная температура, критерий Био, критерий Фурье. Нестационарное температурное поле в плоской пластине – решение задачи в безразмерном виде методом разделения переменных. Анализ решения. Зависимость поля температур от числа Фурье. Номограммы. Особенности пересечения касательных к решению на поверхности пластины. Зависимость поля температур бесконечной пластины от числа Био.

7	Температурное поле в процессе охлаждения (нагревания) бесконечно длинного цилиндра, шара и тел неправильной формы	Нестационарное температурное поле в сплошном бесконечном цилиндре, в шаре. Анализ решения. Средняя безразмерная избыточная температура, средняя по сечению температура, определение количества теплоты, отданного (полученного) телом в процессе охлаждения (нагревания). Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров (параллелепипед, балка прямоугольного сечения, цилиндр конечной длины) – метод перемножения решений.
Модуль 3. Конвективный теплообмен в однородной среде		
8	Уравнения теории конвективного теплообмена	Основные понятия и определения процессов конвективного теплообмена. Физические свойства жидкостей. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена для несжимаемой жидкости. Пример системы дифференциальных уравнений конвективного теплообмена.
9	Теория подобия в конвективном теплообмене. Числа подобия, характеризующие процессы конвективного теплообмена	Теория подобия как теоретическая основа экспериментального изучения конвективного теплообмена. Критериальные уравнения. Критерии подобия. Методы экспериментального определения коэффициентов теплоотдачи. Осреднение коэффициентов теплоотдачи. Осреднение температуры жидкости по сечению. Осреднение температуры жидкости и температурного напора по длине трубы. Получение эмпирических критериальных уравнений. Определяющий размер. Определяющая температура.
10	Теплоотдача при свободной конвекции в большом объеме около вертикальных поверхностей	Общие сведения о свободной конвекции. Число Релея. Теплоотдача при свободной конвекции жидкости около вертикальной пластины или вертикальной трубы.
11	Свободная конвекция около горизонтальных поверхностей. Свободная конвекция в ограниченном пространстве	Теплоотдача при свободной конвекции около горизонтальной пластины. Теплоотдача при свободной конвекции на поверхности горизонтального цилиндра. Теплоотдача при малых значениях числа Релея. Свободная конвекция в прослойках и замкнутых полостях. Эквивалентный коэффициент теплопроводности.
12	Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности	Теплоотдача при свободной конвекции около горизонтальной пластины. Теплоотдача при свободной конвекции на поверхности горизонтального цилиндра. Теплоотдача при малых значениях числа Релея. Свободная конвекция в прослойках и замкнутых полостях. Эквивалентный коэффициент теплопроводности
13	Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб	Гидродинамика и теплообмен при поперечном обтекании одиночного цилиндра. Угол отрыва ламинарного и турбулентного пограничного слоя. Изменение коэффициента теплоотдачи по окружности цилиндра. Теплообмен при поперечном обтекании коридорных и шахматных пучков труб. Зависимость теплоотдачи от номера ряда, соотношения продольного и поперечного шагов пучка. Средний коэффициент теплоотдачи для пучка. Зависимость теплоотдачи труб от угла атаки.
	Описание процесса	Гидродинамика и теплообмен при течении жидкости в трубах и

14	вынужденного течения жидкости в трубах. Определение коэффициентов теплоотдачи.	каналах. Влияние силы тяжести. Вязкостный и вязкостноравитационный режимы теплоотдачи. Математическое описание теплообмена при течении жидкости в круглой трубе. Понятие стабилизированного теплообмена. Теплоотдача при ламинарном и турбулентном течении в гладких трубах. Особенности теплообмена в трубах некруглого сечения. Влияние шероховатости поверхности на теплообмен в трубах. Теплоотдача в изогнутых трубах.
Модуль 4. Теплообмен при фазовых превращениях		
15	Теплообмен при конденсации неподвижного пара.	Определение и классификация процессов конденсации. Теплообмен при конденсации чистых паров. Термодинамические условия протекания процесса, пленочная и капельная конденсация. Пленочная конденсация неподвижного пара на поверхности вертикальной плоскости и горизонтального цилиндра. Капельная конденсация пара. Коэффициент теплоотдачи на отдельной трубе. Средний коэффициент теплоотдачи пучка труб.
16	Теплообмен при конденсации движущегося пара.	Конденсация движущегося пара на одиночной трубе. Конденсация движущегося пара на горизонтальном пучке труб. Изменение расхода и скорости пара. Теплоотдача при течении пара с большими скоростями. Адиабатная температура стенки. Изменение физических свойств теплоносителя с температурой.
17	Теплообмен при кипении	Условия зарождения паровой фазы в объеме перегретой жидкости и на твердой поверхности. Динамика паровых пузырьков при кипении. «Кривая кипения». Механизм теплообмена и расчетные соотношения для теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкостей. Теплообмен при пленочном кипении жидкостей. Кризис пузырькового кипения жидкостей в свободном объеме. Температура предельного перегрева жидкости, минимальная плотность теплового потока при пленочном кипении. Особенности теплообмена при кипении в трубах. Переходное кипение.
Модуль 5. Лучистый теплообмен		
18	Основные понятия и законы теплового излучения	Описание процесса лучистого теплообмена. Виды лучистых потоков. Спектральная плотность потока излучения. Интегральная плотность потока излучения. Собственное, отраженное, поглощенное, пропущенное, эффективное, результирующее излучение. Понятие абсолютно черного тела. Излучательные характеристики абсолютно черного тела. Закон Планка. Правило смещения Вина. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Закон Ламберта. Угловые коэффициенты излучения.
19	Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой.	Методы исследования процессов лучистого теплообмена. Теплообмен излучением в системе тел с плоскопараллельными поверхностями. Теплообмен при наличии экранов для плоскопараллельных тел. Коэффициент излучения твердых тел и методы его определения (радиационный, калориметрический, регулярного теплового режима, нагревания с постоянной скоростью).
20	Тело с оболочкой и произвольно	Теплообмен излучением между телом и его оболочкой. Теплообмен при наличии экранов для тела с оболочкой.

	расположенные тела	Теплообмен излучением между двумя телами, произвольно расположенными в пространстве. Методы определения угловых коэффициентов излучения. Геометрические свойства лучистых потоков.
21	Излучение газов и паров.	Особенности излучения газов и паров. Степень черноты углекислого газа и водяного пара. Основы переноса излучения в поглощающих, излучающих и рассеивающих средах. Закон Бугера. Сложный теплообмен. Коэффициент теплоотдачи излучением.
22	Лучистый теплообмен между газом и оболочкой.	Лучистый теплообмен между газом и его оболочкой. Приближенный метод расчета степени черноты дымовых газов. Металлургические нагревательные печи. Определение коэффициента теплоотдачи излучением для нагревательной печи. Определение температуры стенки печи.
Модуль 6. Теплопередача		
23	Теплопередача через плоскую стенку	Передача тепла при граничных условиях третьего рода (теплопередача). Коэффициент теплопередачи. Термическое сопротивление теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи. Граничные условия второго и третьего рода. Уравнение теплопередачи. Теплопередача через однослойную стенку. Коэффициент теплопередачи. Термическое сопротивление. Теплопередача через многослойную стенку.
24	Теплопередача через цилиндрическую стенку	Уравнение теплопередачи. Теплопередача через однослойную стенку. Коэффициент теплопередачи. Термическое сопротивление. Теплопередача через многослойную стенку. Расчет изоляции. Критический диаметр изоляции.
25	Теплообменные аппараты и основы их расчета	Типы теплообменников. Рекуперативные теплообменники. Тепловой расчет рекуперативных теплообменников: конструкционный, поверочный, гидравлический. Среднелогарифмический температурный напор.
Модуль 7. Массоотдача		
26	Основные положения тепло- и массообмена. Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах. Тройная аналогия	Диффузия (массообмен) молекулярная и молярная. Концентрационная диффузия, закон Фика, коэффициент диффузии. Термодиффузия, бародиффузия. Дифференциальные уравнения тепло- и массообмена. Тепло- и массоотдача. Коэффициент массоотдачи. Уравнение конвективной тепло- и массоотдачи. Аналогия переноса импульса, энергии и массы компонента (тройная аналогия). Расчет массоотдачи в случае ламинарного пограничного слоя при вынужденном движении. Расчет массоотдачи при турбулентном течении жидкости на основе уравнений теплоотдачи.
27	Тепло- и массоотдача при испарении жидкости в парогазовую среду.	Влажный воздух. Давление насыщенного пара. Состояния и основные характеристики влажного воздуха. Испарение воды. Температура мокрого термометра. Испарение неподвижной капли, константа испарения. Испарение капли при вынужденной конвекции. Обдуваемая капля. Летящая капля.
28	Тепло- и массообмен при химических превращениях	Основные уравнения тепло- и массообмена при химических превращениях. Число Льюиса-Семенова. Теплообмен между газовой смесью и поверхностью раздела фаз.

4.4 Лабораторный практикум

п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
	Модуль 1. Стационарные процессы переноса теплоты в твердых телах		4
	4	Определение теплопроводности материала методом цилиндра.	4
	Модуль 3. Конвективный теплообмен в однородной среде		10
	10	Определение коэффициента теплоотдачи от горизонтальной трубы при свободной конвекции.	4
	11	Определение эквивалентного коэффициента теплопроводности при теплоотдаче в ограниченном пространстве.	4
	12	Определение коэффициента теплоотдачи при поперечном обтекании цилиндра воздухом	2
	Модуль 5. Лучистый теплообмен		6
	19	Определение эффективного потока теплового излучения	2
	20	Определение степени черноты полного излучения серого тела методом сравнения с эталонным телом	4
	Модуль 6. Теплопередача		12
	23	Определение коэффициента теплопередачи нагревательного прибора.	4
	25	Определение коэффициента теплопередачи теплообменного аппарата.	4
	25	Определение коэффициента теплопередачи при перекрестном движении теплоносителей	4

4.5 Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)
1	Модуль 1. Стационарные процессы переноса теплоты в твердых телах		6
	2	Расчет теплопроводности плоских однослойной и многослойной стенок.	2
	4	Расчет теплопроводности цилиндрических однослойной и многослойной стенок.	2
	3,5	Расчет теплопроводности при наличии внутренних источников	2
	Модуль 2. Нестационарная теплопроводность		2
	6,7	Расчет режимов нагревания пластины, стержня, цилиндра	2
	Модуль 3. Конвективный теплообмен в однородной среде		6
	9,10,11	Расчет процессов теплоотдачи при свободной конвекции	3
	12,13,14	Расчет процессов теплоотдачи при вынужденной конвекции	3
	Итого 5 семестр		14
	Модуль 4. Теплообмен при фазовых превращениях		4

	15,16	Расчет процессов теплоотдачи при конденсации пара	2
	17	Расчет процессов теплоотдачи при кипении	2
	Модуль 5. Лучистый теплообмен		12
	18	Расчет процессов излучения твердых тел	2
	19	Расчет процессов излучения между твердыми телами	4
	20	Расчет процессов излучения при наличии оболочек, экранов	2
	21, 22	Расчет процессов излучения в газах	4
	Модуль 6. Теплопередача		12
	23	Расчет теплопередачи через плоскую стенку	4
	24	Расчет теплоотдачи через цилиндрическую стенку	4
	25	Расчет теплообменных аппаратов	4
	Модуль 7. Массообмен		4
	26	Расчет процессов тепломассообмена в двухкомпонентных средах	2
	27	Расчет процессов массоотдачи	2
	Итого 6 семестр		32

4.6 Содержание самостоятельной работы и формы ее контроля

№ п/п	Раздел дисциплины (модуля), темы раздела	Всего часов	Содержание самостоятельной работы	Форма контроля
	Модуль 1. Стационарные процессы переноса теплоты в твердых телах.			
1	Теплопроводность. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции.
2	Стационарная теплопроводность плоской однородной стенки без внутренних источников тепла	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита лабораторных работ
3	Теплопроводность плоской стенки при наличии внутренних источников тепла	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
4	Теплопроводность цилиндрической стенки без внутренних источников тепла	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям, к лабораторным работам	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
5	Теплопроводность цилиндрической стенки при наличии внутренних источников тепла	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
	Модуль 2. Нестационарная теплопроводность			
6	Температурное поле в процессе охлаждения (нагрева) пластины, стержня	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
7	Температурное поле в	4	Работа с учебной	Экспресс-опрос на

	процессе охлаждения (нагревания) бесконечно длинного цилиндра, шара и тел неправильной формы		литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	лекции. Решение задач.
Модуль 3. Конвективный теплообмен в однородной среде				
8	Уравнения теории конвективного теплообмена	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции.	Экспресс-опрос на лекции.
9	Теория подобия в конвективном теплообмене. Числа подобия, характеризующие процессы конвективного теплообмена	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции.	Экспресс-опрос на лекции.
10	Теплоотдача при свободной конвекции в большом объеме около вертикальных поверхностей	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям, подготовка к лабораторным занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
11	Свободная конвекция около горизонтальных поверхностей. Свободная конвекция в ограниченном пространстве	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
12	Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
13	Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
14	Описание процесса вынужденного течения жидкости в трубах. Определение коэффициентов теплоотдачи.	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
	Промежуточная аттестация			Зачет
	Итого 5 семестр	60		
Модуль 4. Теплообмен при фазовых превращениях				
15	Теплообмен при конденсации неподвижного пара.	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
16	Теплообмен при конденсации движущегося пара.	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции.
17	Теплообмен при кипении	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции Выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование.
Модуль 5. Лучистый теплообмен				
18	Основные понятия и законы теплового излучения	3	Работа с учебной литературой, подготовка к	Экспресс-опрос на лекции. Решение

			лекции, практическим занятиям. Выполнение РГР	задач.
19	Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой.	3	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и лабораторным занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Защита результатов лаб. работы.
20	Тело с оболочкой и произвольно расположенные тела	3	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции. Выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции.
21	Излучение газов и паров.	3	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции. Выполнение РГР	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
22	Лучистый теплообмен между газом и оболочкой.	3	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции.	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование.
Модуль 6. Теплопередача				
23	Теплопередача через плоскую стенку	3	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции. Выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
24	Теплопередача через цилиндрическую стенку	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции. Выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
25	Теплообменные аппараты и основы их расчета	3	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции. Выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
Модуль 7. Массоотдача				
26	Основные положения тепло- и массообмена. Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах. Тройная аналогия	7	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
27	Тепло- и массоотдача при испарении жидкости в парогазовую среду.	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции. Выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
28	Тепло- и массообмен при химических превращениях	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование.
	Итого 6 семестр	45		
	Итого	105		

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (заочная форма)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

Курс	Аудиторных	Самост. работа	Лекций	Лабораторных	Практических	Промежуточная аттестация	Всего часов
2	16	92	6	6	4	4- зачет	112
3	12	119	4	4	4	9- экзамен	140
всего	28	211	10	10	8		252

4.1 Структура дисциплины

№ п/п	Курс	Недели семестра	Раздел дисциплины (модуля), темы раздела	Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость (в часах)						Форма: -текущего контроля успеваемости, СРС (по неделям семестра); -промежуточной аттестации (по семестрам) КРС
				всего	лекция	практические	лаб. занятия	семинары	СРС	
1	2		Модуль 1. Стационарная теплопроводность	37	3	2	2		30	
			Теплопроводность. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности	7	1		-	-	6	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
			Стационарная теплопроводность плоской однородной стенки без внутренних источников тепла	7	1			-	6	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита лабораторных работ
			Теплопроводность плоской стенки при наличии внутренних источников тепла	7		1	-	-	6	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
			Теплопроводность цилиндрической стенки без внутренних источников тепла	9	1		2	-	6	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
			Теплопроводность цилиндрической стенки при наличии внутренних источников тепла	7		1	-	-	6	Решение задач. Защита результатов лаб. работы.

2	2		Модуль 2. Нестационарная теплопроводность	17	1		-	-	16	
			Температурное поле в процессе охлаждения (нагрева) пластины, стержня	8,5	0,5		-	-	8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
			Температурное поле в процессе охлаждения (нагрева) бесконечно длинного цилиндра, шара и тел неправильной формы	8,5	0,5		-	-	8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
3	2		Модуль 3. Конвективный теплообмен в однородной среде	54	2	2	4	-	46	
			Уравнения теории конвективного теплообмена	6		-	-	-	6	Экспресс-опрос на лекции.
			Теория подобия в конвективном теплообмене. Числа подобия, характеризующие процессы конвективного теплообмена	6,5	0,5		-	-	6	Экспресс-опрос на лекции. Защита результатов лаб. работы.
			Теплоотдача при свободной конвекции в большом объеме около вертикальных поверхностей	7	0,5	0,5		-	6	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
			Свободная конвекция около горизонтальных поверхностей. Свободная конвекция в ограниченном пространстве	9,5		0,5	2	-	7	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
			Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности	7,5		0,5		-	7	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
			Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб	9,5	0,5		2	-	7	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.

			Описание процесса вынужденного течения жидкости в трубах. Определение коэффициентов теплоотдачи.	8	0,5	0,5		-	7	Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
			Промежуточная аттестация	4						Зачет
Итого 2 курс				112	6	4	6		92	
4	3		Модуль 4. Теплообмен при фазовых превращениях	26,5	1,5	1	-	-	24	
		1	Теплообмен при конденсации неподвижного пара.	9	0,5	0,5		-	8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
			Теплообмен при конденсации движущегося пара.	8,5	0,5				8	Экспресс-опрос на лекции.
		2	Теплообмен при кипении	9	0,5	0,5		-	8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач..
5	3		Модуль 5. Лучистый теплообмен	44	1	1	2	-	40	
		3	Основные понятия и законы теплового излучения	9	0,5	0,5		-	8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
		4	Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой.	10,5	0,5		2	-	8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
		5	Тело с оболочкой и произвольно расположенные тела	8,5		0,5		-	8	Экспресс-опрос на лекции.
		6	Излучение газов и паров.	8				-	8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач
		6	Лучистый теплообмен между газом и оболочкой.	8				-	8	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование.
6	3		Модуль 6. Теплопередача	29,5	1,5	2	2		24	
		7	Теплопередача через плоскую стенку	9	0,5	0,5			8	Экспресс-опрос на лекции.
		8	Теплопередача через цилиндрическую стенку	9	0,5	0,5			8	Экспресс-опрос на лекции.
		9	Теплообменные аппараты и основы их расчета	11,5	0,5	1	2		8	Экспресс-опрос на лекции. Защита результатов лаб. работы.

7	3		Модуль Массоотдача	7	21				-	21	
		10	Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах. Основные положения тепло- и массообмена. Тройная аналогия	7						7	Экспресс-опрос на лекции.
		11	Тепло- и массоотдача при испарении жидкости в парогазовую среду.	7						7	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
		11	Тепло- и массообмен при химических превращениях	7						7	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование.
			Промежуточная аттестация	9							Экзамен
			Итого 3 курс	140	4	4	4			119	
			Итого	252	10	10	8			211	

4.2 Матрица формируемых дисциплиной компетенций

Разделы и темы дисциплины	Кол-во часов	Компетенции (вместо цифр – шифр и номер компетенции из ФГОС ВПО)	
		1	общее количество компетенций
Модуль 1. Стационарные процессы переноса теплоты в твердых телах	37		
Теплопроводность. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности	7	ОПК-2	1
Стационарная теплопроводность плоской однородной стенки без внутренних источников тепла	7	ОПК-2	1
Теплопроводность плоской стенки при наличии внутренних источников тепла	7	ОПК-2	1
Теплопроводность цилиндрической стенки без внутренних источников тепла	9	ОПК-2	1
Теплопроводность цилиндрической стенки при наличии внутренних источников тепла	7	ОПК-2	1
Модуль 2 . Нестационарная теплопроводность	17		
Температурное поле в процессе охлаждения (нагрева) пластины, стержня	8,5	ОПК-2	1
Температурное поле в процессе охлаждения (нагревания) бесконечно длинного цилиндра, шара и тел неправильной формы	8,5	ОПК-2	1
Модуль 3. Конвективный теплообмен в	54		

однородной среде			
Уравнения теории конвективного теплообмена	6	ОПК-2	1
Теория подобия в конвективном теплообмене. Числа подобия, характеризующие процессы конвективного теплообмена	6,5	ОПК-2	1
Теплоотдача при свободной конвекции в большом объеме около вертикальных поверхностей	7	ОПК-2	1
Свободная конвекция около горизонтальных поверхностей. Свободная конвекция в ограниченном пространстве	9,5	ОПК-2	1
Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности	7,5	ОПК-2	1
Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб	9,5	ОПК-2	1
Описание процесса вынужденного течения жидкости в трубах. Определение коэффициентов теплоотдачи.	8	ОПК-2	1
Модуль 4. Теплообмен при фазовых превращениях	26,5		
Теплообмен при конденсации неподвижного пара.	9	ОПК-2	1
Теплообмен при конденсации движущегося пара.	8,5	ОПК-2	1
Теплообмен при кипении	9	ОПК-2	1
Модуль 5. Лучистый теплообмен	44		
Основные понятия и законы теплового излучения	9	ОПК-2	1
Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной (диатермичной) средой.	10,5	ОПК-2	1
Тело с оболочкой и произвольно расположенные тела	8,5	ОПК-2	1
Излучение газов и паров.	8	ОПК-2	1
Лучистый теплообмен между газом и оболочкой.	8	ОПК-2	1
Модуль 6. Теплопередача	29,5		
Теплопередача через плоскую стенку	9	ОПК-2	1
Теплопередача через цилиндрическую стенку	9	ОПК-2	1
Теплообменные аппараты и основы их расчета	11,5	ОПК-2	1
Модуль 7. Массоотдача	21		
Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах. Основные положения тепло- и массообмена Тройная аналогия	7	ОПК-2	1
Тепло- и массоотдача при испарении жидкости в парогазовую среду.	7	ОПК-2	1
Тепло- и массообмен при химических превращениях	7	ОПК-2	1

4.3 Содержание разделов дисциплины (модуля)

	Название раздела	Содержание раздела в дидактических единицах
	Модуль 1. Стационарные процессы переноса теплоты в твердых телах	
1	Теплопроводность. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности	Методы исследования тепловых процессов. Основные понятия, используемые при описании процессов переноса тепла. Температурное поле. Температурный градиент. Тепловой поток. Плотность теплового потока. Закон Фурье, коэффициент теплопроводности. Математическая формулировка задач теплопроводности. Дифференциальное уравнение

		теплопроводности. Краевые условия задач теплопроводности, различные способы задания граничных условий. Закон Ньютона – Рихмана.
2	Стационарная теплопроводность плоской однородной стенки без внутренних источников тепла	Температурное поле в плоской стенке при граничных условиях первого рода. Приведение уравнений к безразмерному виду. Зависимость коэффициента теплопроводности от температуры. Теплопроводность через многослойную стенку. Эквивалентный коэффициент теплопроводности плоской стенки.
3	Теплопроводность плоской стенки при наличии внутренних источников тепла	Плотность объемного тепловыделения. Температурное поле в плоской стенке при наличии тепловыделений. Симметричные условия охлаждения пластины. Пластина с одной теплоизолированной поверхностью. Пластина с разными (постоянными) температурами поверхностей. Критерий Померанцева. Несимметричные условия охлаждения пластины.
4	Теплопроводность цилиндрической стенки без внутренних источников тепла	Линейная плотность теплового потока. Температурное поле в цилиндрической стенке при граничных условиях первого рода. Теплопроводность через многослойную цилиндрическую стенку. Эквивалентный коэффициент теплопроводности цилиндрической стенки. Теплопроводность через цилиндрическую стенку при граничных условиях третьего рода (теплопередача).
5	Теплопроводность цилиндрической стенки при наличии внутренних источников тепла	Температурное поле в цилиндрической стенке при наличии внутренних источников тепла. Теплопроводность однородного цилиндрического стержня при наличии тепловыделений. Теплопроводность цилиндрической стенки с внутренними источниками тепла: тепло отводится только через внутреннюю поверхность, тепло отводится только через наружную поверхность, тепло отводится через обе поверхности.
Модуль 2. Нестационарная теплопроводность		
6	Температурное поле в процессе охлаждения (нагрева) пластины, стержня	Аналитическое описание процесса. Основные понятия метода нестационарной теплопроводности: безразмерная избыточная температура, критерий Био, критерий Фурье. Нестационарное температурное поле в плоской пластине – решение задачи в безразмерном виде методом разделения переменных. Анализ решения. Зависимость поля температур от числа Фурье. Номограммы. Особенности пересечения касательных к решению на поверхности пластины. Зависимость поля температур бесконечной пластины от числа Био.
7	Температурное поле в процессе охлаждения (нагревания) бесконечно длинного цилиндра, шара и тел неправильной формы	Нестационарное температурное поле в сплошном бесконечном цилиндре, в шаре. Анализ решения. Средняя безразмерная избыточная температура, средняя по сечению температура, определение количества теплоты, отданного (полученного) телом в процессе охлаждения (нагревания). Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров (параллелепипед, балка прямоугольного сечения, цилиндр конечной длины) – метод перемножения решений.
Модуль 3. Конвективный теплообмен в однородной среде		
8	Уравнения теории конвективного теплообмена	Основные понятия и определения процессов конвективного теплообмена. Физические свойства жидкостей. Гидродинамический и тепловой пограничные слои.

		Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена для несжимаемой жидкости. Пример системы дифференциальных уравнений конвективного теплообмена.
9	Теория подобия в конвективном теплообмене. Числа подобия, характеризующие процессы конвективного теплообмена	Теория подобия как теоретическая основа экспериментального изучения конвективного теплообмена. Критериальные уравнения. Критерии подобия. Методы экспериментального определения коэффициентов теплоотдачи. Осреднение коэффициентов теплоотдачи. Осреднение температуры жидкости по сечению. Осреднение температуры жидкости и температурного напора по длине трубы. Получение эмпирических критериальных уравнений. Определяющий размер. Определяющая температура.
10	Теплоотдача при свободной конвекции в большом объеме около вертикальных поверхностей	Общие сведения о свободной конвекции. Число Релея. Теплоотдача при свободной конвекции жидкости около вертикальной пластины или вертикальной трубы.
11	Свободная конвекция около горизонтальных поверхностей. Свободная конвекция в ограниченном пространстве	Теплоотдача при свободной конвекции около горизонтальной пластины. Теплоотдача при свободной конвекции на поверхности горизонтального цилиндра. Теплоотдача при малых значениях числа Релея. Свободная конвекция в прослойках и замкнутых полостях. Эквивалентный коэффициент теплопроводности.
12	Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности	Теплоотдача при свободной конвекции около горизонтальной пластины. Теплоотдача при свободной конвекции на поверхности горизонтального цилиндра. Теплоотдача при малых значениях числа Релея. Свободная конвекция в прослойках и замкнутых полостях. Эквивалентный коэффициент теплопроводности
13	Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб	Гидродинамика и теплообмен при поперечном обтекании одиночного цилиндра. Угол отрыва ламинарного и турбулентного пограничного слоя. Изменение коэффициента теплоотдачи по окружности цилиндра. Теплообмен при поперечном обтекании коридорных и шахматных пучков труб. Зависимость теплоотдачи от номера ряда, соотношения продольного и поперечного шагов пучка. Средний коэффициент теплоотдачи для пучка. Зависимость теплоотдачи труб от угла атаки.
14	Описание процесса вынужденного течения жидкости в трубах. Определение коэффициентов теплоотдачи.	Гидродинамика и теплообмен при течении жидкости в трубах и каналах. Влияние силы тяжести. Вязкостный и вязкостноравитационный режимы теплоотдачи. Математическое описание теплообмена при течении жидкости в круглой трубе. Понятие стабилизированного теплообмена. Теплоотдача при ламинарном и турбулентном течении в гладких трубах. Особенности теплообмена в трубах некруглого сечения. Влияние шероховатости поверхности на теплообмен в трубах. Теплоотдача в изогнутых трубах.
Модуль 4. Теплообмен при фазовых превращениях		

15	Теплообмен при конденсации неподвижного пара.	Определение и классификация процессов конденсации. Теплообмен при конденсации чистых паров. Термодинамические условия протекания процесса, пленочная и капельная конденсация. Пленочная конденсация неподвижного пара на поверхности вертикальной плоскости и горизонтального цилиндра. Капельная конденсация пара. Коэффициент теплоотдачи на отдельной трубе. Средний коэффициент теплоотдачи пучка труб.
16	Теплообмен при конденсации движущегося пара.	Конденсация движущегося пара на одиночной трубе. Конденсация движущегося пара на горизонтальном пучке труб. Изменение расхода и скорости пара. Теплоотдача при течении пара с большими скоростями. Адиабатная температура стенки. Изменение физических свойств теплоносителя с температурой.
17	Теплообмен при кипении	Условия зарождения паровой фазы в объеме перегретой жидкости и на твердой поверхности. Динамика паровых пузырьков при кипении. «Кривая кипения». Механизм теплообмена и расчетные соотношения для теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкостей. Теплообмен при пленочном кипении жидкостей. Кризис пузырькового кипения жидкостей в свободном объеме. Температура предельного перегрева жидкости, минимальная плотность теплового потока при пленочном кипении. Особенности теплообмена при кипении в трубах. Переходное кипение.
Модуль 5. Лучистый теплообмен		
18	Основные понятия и законы теплового излучения	Описание процесса лучистого теплообмена. Виды лучистых потоков. Спектральная плотность потока излучения. Интегральная плотность потока излучения. Собственное, отраженное, поглощенное, пропущенное, эффективное, результирующее излучение. Понятие абсолютно черного тела. Излучательные характеристики абсолютно черного тела. Закон Планка. Правило смещения Вина. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Закон Ламберта. Угловые коэффициенты излучения.
19	Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой.	Методы исследования процессов лучистого теплообмена. Теплообмен излучением в системе тел с плоскопараллельными поверхностями. Теплообмен при наличии экранов для плоскопараллельных тел. Коэффициент излучения твердых тел и методы его определения (радиационный, калориметрический, регулярного теплового режима, нагревания с постоянной скоростью).
20	Тело с оболочкой и произвольно расположенные тела	Теплообмен излучением между телом и его оболочкой. Теплообмен при наличии экранов для тела с оболочкой. Теплообмен излучением между двумя телами, произвольно расположенными в пространстве. Методы определения угловых коэффициентов излучения. Геометрические свойства лучистых потоков.
21	Излучение газов и паров.	Особенности излучения газов и паров. Степень черноты углекислого газа и водяного пара. Основы переноса излучения в поглощающих, излучающих и рассеивающих средах. Закон Бугера. Сложный теплообмен. Коэффициент теплоотдачи излучением.

22	Лучистый теплообмен между газом и оболочкой.	Лучистый теплообмен между газом и его оболочкой. Приближенный метод расчета степени черноты дымовых газов. Металлургические нагревательные печи. Определение коэффициента теплоотдачи излучением для нагревательной печи. Определение температуры стенки печи.
Модуль 6. Теплопередача		
23	Теплопередача через плоскую стенку	Передача тепла при граничных условиях третьего рода (теплопередача). Коэффициент теплопередачи. Термическое сопротивление теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи. Граничные условия второго и третьего рода. Уравнение теплопередачи. Теплопередача через однослойную стенку. Коэффициент теплопередачи. Термическое сопротивление. Теплопередача через многослойную стенку.
24	Теплопередача через цилиндрическую стенку	Уравнение теплопередачи. Теплопередача через однослойную стенку. Коэффициент теплопередачи. Термическое сопротивление. Теплопередача через многослойную стенку. Расчет изоляции. Критический диаметр изоляции.
25	Теплообменные аппараты и основы их расчета	Типы теплообменников. Рекуперативные теплообменники. Тепловой расчет рекуперативных теплообменников: конструкционный, поверочный, гидравлический. Среднегарифмический температурный напор.
Модуль 7. Массоотдача		
26	Основные положения тепло- и массообмена. Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах. Тройная аналогия	Диффузия (массообмен) молекулярная и молярная. Концентрационная диффузия, закон Фика, коэффициент диффузии. Термодиффузия, бародиффузия. Дифференциальные уравнения тепло- и массообмена. Тепло- и массоотдача. Коэффициент массоотдачи. Уравнение конвективной тепло- и массоотдачи. Аналогия переноса импульса, энергии и массы компонента (тройная аналогия). Расчет массоотдачи в случае ламинарного пограничного слоя при вынужденном движении. Расчет массоотдачи при турбулентном течении жидкости на основе уравнений теплоотдачи.
27	Тепло- и массоотдача при испарении жидкости в парогазовую среду.	Влажный воздух. Давление насыщенного пара. Состояния и основные характеристики влажного воздуха. Испарение воды. Температура мокрого термометра. Испарение неподвижной капли, константа испарения. Испарение капли при вынужденной конвекции. Обдуваемая капля. Летящая капля.
28	Тепло- и массообмен при химических превращениях	Основные уравнения тепло- и массообмена при химических превращениях. Число Льюиса-Семенова. Теплообмен между газовой смесью и поверхностью раздела фаз.

4.4 Лабораторный практикум

п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
	Модуль 1. Стационарные процессы переноса теплоты в твердых телах		2
	4	Определение теплопроводности материала методом цилиндра.	2

	Модуль 3. Конвективный теплообмен в однородной среде		4
	10	Определение коэффициента теплоотдачи от горизонтальной трубы при свободной конвекции.	2
	13	Определение коэффициента теплоотдачи при поперечном обтекании цилиндра воздухом	2
	Модуль 5. Лучистый теплообмен		2
	19	Определение степени черноты полного излучения серого тела методом сравнения с эталонным телом	2
	Модуль 6. Теплопередача		2
	25	Определение коэффициента теплопередачи теплообменного аппарата.	2

4.5 Практические занятия

п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)
	Модуль 1. Стационарные процессы переноса теплоты в твердых телах		2
	3,5	Расчет теплопроводности плоских и цилиндрических однослойных и многослойных стенок.	2
	Модуль 3. Конвективный теплообмен в однородной среде		2
	10,11	Расчет процессов теплоотдачи при свободной конвекции	1
	13,14	Расчет процессов теплоотдачи при вынужденной конвекции	1
	Итого 4 семестр		4
	Модуль 4. Теплообмен при фазовых превращениях		1
	15	Расчет процессов теплоотдачи при конденсации пара	0,5
	17	Расчет процессов теплоотдачи при кипении	0,5
	Модуль 5. Лучистый теплообмен		1
	18	Расчет процессов излучения	0,5
	20	Расчет процессов излучения между твердыми телами	0,5
	Модуль 6. Теплопередача		2
	23,24	Расчет теплопередачи через плоскую и цилиндрическую стенки	1
	26	Расчет теплообменных аппаратов	1
	Итого 5 семестр		4

4.6 Содержание самостоятельной работы и формы ее контроля

№ п/п	Раздел дисциплины (модуля), темы раздела	Всего часов	Содержание самостоятельной работы	Форма контроля
	Модуль 1. Стационарные процессы переноса теплоты в твердых телах.			
1	Теплопроводность. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции.

2	Стационарная теплопроводность плоской однородной стенки без внутренних источников тепла	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита лабораторных работ
3	Теплопроводность плоской стенки при наличии внутренних источников тепла	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
4	Теплопроводность цилиндрической стенки без внутренних источников тепла	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям, к лабораторным работам	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
5	Теплопроводность цилиндрической стенки при наличии внутренних источников тепла	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
Модуль 2. Нестационарная теплопроводность				
6	Температурное поле в процессе охлаждения (нагревания) пластины, стержня	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
7	Температурное поле в процессе охлаждения (нагревания) бесконечно длинного цилиндра, шара и тел неправильной формы	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
Модуль 3. Конвективный теплообмен в однородной среде				
8	Уравнения теории конвективного теплообмена	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции.	Экспресс-опрос на лекции.
9	Теория подобия в конвективном теплообмене. Числа подобия, характеризующие процессы конвективного теплообмена	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции.	Экспресс-опрос на лекции.
10	Теплоотдача при свободной конвекции в большом объеме около вертикальных поверхностей	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям, подготовка к лабораторным занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
11	Свободная конвекция около горизонтальных поверхностей. Свободная конвекция в ограниченном пространстве	7	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
12	Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности	7	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
13	Теплоотдача при вынужденном поперечном	7	Работа с учебной литературой, подготовка к	Экспресс-опрос на лекции. Решение

	омывании труб и пучков труб		лекции, практическим и лабораторным занятиям	задач. Защита результатов лаб. работы.
14	Описание процесса вынужденного течения жидкости в трубах. Определение коэффициентов теплоотдачи.	7	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
	Итого 2 курс	92		
	Модуль 4. Теплообмен при фазовых превращениях			
15	Теплообмен при конденсации неподвижного пара.	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
16	Теплообмен при конденсации движущегося пара.	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции.
17	Теплообмен при кипении	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции Выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование.
	Модуль 5. Лучистый теплообмен			
18	Основные понятия и законы теплового излучения	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим занятиям. Выполнение РГР	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Проверка РГР.
19	Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой.	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и лабораторным занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Защита результатов лаб. работы.
20	Тело с оболочкой и произвольно расположенные тела	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции. Выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Проверка РГР.
21	Излучение газов и паров.	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции. Выполнение РГР	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Проверка РГР.
22	Лучистый теплообмен между газом и оболочкой.	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции.	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование.
	Модуль 6. Теплопередача			
23	Теплопередача через плоскую стенку	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции. Выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Проверка РГР.
24	Теплопередача через цилиндрическую стенку	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции. Выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Проверка РГР.
25	Теплообменные аппараты и основы их расчета	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции. Выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Проверка РГР.

Модуль 7. Массоотдача				
26	Основные положения тепло- и массообмена. Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах. Тройная аналогия	10	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
27	Тепло- и массоотдача при испарении жидкости в парогазовую среду.	10	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции. Выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита РГР.
28	Тепло- и массообмен при химических превращениях	10	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование.
	Контроль			Зачет
	Контроль			Экзамен
	Итого 3 курс	211		

5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины в рамках реализации ООП по направлению подготовки бакалавров 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень бакалавриата) профиль «Энергообеспечение предприятий» используются следующие технологии: информационные технологии, проблемное обучение, контекстное обучение, обучение на основе опыта, междисциплинарное обучение.

При наличии лиц с ограниченными возможностями здоровья преподаватель организует работу в соответствии с Положением об инклюзивном образовании ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА.

Изучение дисциплины подразумевает использование информационных технологий:

- поиск информации в глобальной сети Интернет;
- работа в электронно-библиотечных системах;
- работа в ЭИОС вуза (портал);
- компьютерное тестирование;
- программное обеспечение КОМПАС;
- мультимедийные лекции.

Занятия содержат определения, структурные и принципиальные схемы теплотехнических установок и процессов, объектов, демонстрационные работы на действующих объектах.

5 Образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях

Семестр	Вид занятия (Л, ПР, ЛР)	Используемые образовательные технологии	Количество часов
5,6	Л	Лекции, с постановкой проблем и анализом их решения на примере действующих Программ	6
	ЛР	Лабораторные работы с условиями	2
	ПР	Решение ситуационных задач	10
			18

Занятия проводятся с использованием мультимедийного оборудования на лекциях, компьютерных программ MICROSOFT OFFICE, справочно-информационных систем для самостоятельной работы. Презентации содержат определения, математические зависимости, структурные и принципиальные схемы тепломассообменных процессов, установок и т.д.

При выполнении расчетных заданий используется учебная литература, приведенная ниже.

Самостоятельная работа включает подготовку к тестам, выполнение расчетных заданий и подготовку к их защите, подготовка к зачету и экзамену.

6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ¹

6.1 Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств

Контроль знаний студентов по дисциплине «Тепломассообмен» проводится в устной и письменной форме, предусматривает текущий, промежуточный и итоговый контроль (зачет, экзамен).

Методы контроля:

- тестовая форма контроля;
- устная форма контроля – опрос и общение с аудиторией по поставленной задаче в устной форме;
- решение определенных заданий (задач) по теме практического материала в конце практического занятия, в целях эффективности усвояемости материала на практике.
- использование ролевых игр (соревнований) по группам, внутри групп;
- поощрение индивидуальных заданий, в которых студент проработал самостоятельно большое количество дополнительных источников литературы.

Текущий контроль предусматривает устную форму опроса студентов и письменный экспресс-опрос по окончанию изучения каждой темы.

Промежуточная аттестация - зачет.

6 Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств

№ п/п	№ семестра	Виды контроля и аттестации (ВК, ТАг, ПрАт)	Компетенции	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Оценочные средства Форма контроля
1.	5	ВК, ТАг	ОПК-2	Модуль 1. Стационарные процессы переноса теплоты в твердых телах.	Устный или тестовый контроль
2.	5	ТАг	ОПК-2	Модуль 2. Нестационарная теплопроводность	Устный или тестовый контроль
3.	5	ТАг, ПрАт	ОПК-2	Модуль 3. Конвективный теплообмен в однородной среде	Зачет
4.	6	ТАг	ОПК-2	Модуль 4. Теплообмен при фазовых превращениях	Устный или тестовый контроль
5.	6	ТАг	ОПК-2	Модуль 5. Лучистый теплообмен	Устный или тестовый контроль
6	6	ТАг	ОПК-2	Модуль 6. Теплопередача	Устный или тестовый контроль
7	6	ТАг	ОПК-2	Модуль 7. Массообмен	Устный или тестовый контроль
	6	ПрАт	ОПК-2		Экзамен

¹ Фонд оценочных средств по дисциплине приведен в приложении

Методика текущего контроля и промежуточной аттестации

Освоение основной образовательной программы сопровождается текущим контролем успеваемости и промежуточной аттестацией обучающихся.

Текущий контроль успеваемости обучающихся является элементом внутривузовской системы контроля качества подготовки специалистов и способствует активизации познавательной деятельности обучающихся в межсессионный период как во время контактной работы обучающихся с преподавателем, так и во время самостоятельной работы. Текущий контроль осуществляется преподавателем, ведущим дисциплину, и может проводиться в следующих формах: индивидуальный и (или) групповой опрос (устный или письменный) на занятиях; защита реферата; презентация проектов, др. заданий, выполненных индивидуально или группой обучающихся; анализ деловых ситуаций (анализ вариантов решения проблемы, обоснования выбора оптимального варианта решения, др.); тестирование (письменное или компьютерное); контроль самостоятельной работы студентов (в письменной или устной форме).

По итогам текущего контроля преподаватель отмечает обучающихся, проявивших особые успехи, а также обучающихся, не выполнивших запланированные виды работ.

Промежуточная аттестация призвана оценить компетенции, сформированные у обучающихся в процессе обучения и обеспечить контроль качества освоения программы. Знания, умения, навыки и уровень сформированных компетенций обучающихся оцениваются на зачете по шкале «зачтено», «незачтено».

Отметка **«зачтено»** выставляется обучающемуся, если он исчерпывающе и логически стройно его излагает; продемонстрировал уверенное владение материалом; справляется с вопросами и другими видами применения знаний; не затрудняется с ответом при видоизменении вопросов; обосновывает принятое решение; владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Отметка **«незачтено»** выставляется обучающемуся, который не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки при изложении индивидуального задания.

Промежуточная аттестация призвана оценить компетенции, сформированные у обучающихся в процессе обучения и обеспечить контроль качества освоения программы. Для контроля результатов освоения обучающимися учебного материала по программе конкретной дисциплины, проверка и оценка знаний, полученных за семестр (курс), развития творческого мышления, приобретения навыков самостоятельной работы, умения применять теоретические знания при решении практических задач, оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированных компетенций обучающихся предусматривается экзамен.

Экзамен может быть проведен в устной форме, в форме письменной работы или тестирования. Экзамены оцениваются по четырехбалльной системе: **«отлично»**, **«хорошо»**, **«удовлетворительно»**, **«неудовлетворительно»**.

Отметка **«отлично»** выставляется обучающемуся, если он усвоил материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении вопросов, обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Отметка **«хорошо»** выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Отметка **«удовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

Отметка **«неудовлетворительно»** выставляется обучающемуся, который не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

Примеры оценочных средств*:

а) для входного контроля (ВК):

1. Как осуществляется дифференцирование сложных функций?
2. Что такое частная производная, полная производная функции?
3. Что такое вторая смешанная производная функции?
4. Как определяются удельные характеристики?
5. Что такое энергия?
6. Пути передачи энергии.
7. Что такое идеальный газ?
8. Что такое молекулярная масса?
9. Что такое внутренняя энергия системы?
10. Что такое теплота плавления, теплота парообразования?
11. Как определить количество теплоты, необходимое для нагрева тела массой m ?
12. Какие реакции называются экзотермическими?
13. Какие реакции называются эндотермическими?
14. Что такое теплоемкость? Какие существуют теплоемкости?
15. Как определяют теплоту и работу для основных термодинамических процессов водяного пара?
16. Какой процесс называют кипением?
17. Опишите процессы нагрева и охлаждения воздуха.
18. Какие режимы движения жидкости существуют?
19. Записать уравнение движения жидкости.
20. Записать уравнение сплошности.

б) для текущей успеваемости (ТАт):

Модуль 1. Стационарные процессы переноса теплоты в твердых телах

1. Что называют температурным полем, градиентом температуры?
2. Сформулируйте закон Фурье.
3. Дайте определение объемной мощности внутренних источников тепла, коэффициентов температуропроводности и теплопроводности.
4. Запишите дифференциальное уравнение теплопроводности.
5. Перечислите состав краевых условий (условий однозначности).
6. Изобразите распределение температуры в однородной плоской стенке для постоянного коэффициента теплопроводности.
7. Запишите выражение для плотности теплового потока в случае многослойной плоской стенки.
8. Запишите выражение для расчета эквивалентного коэффициента теплопроводности многослойной плоской стенки.
9. Изобразите распределение температуры в однородной и многослойной цилиндрических стенках при заданных температурах поверхностей.
10. Запишите выражение для определения температуры в плоскости соприкосновения произвольных слоев многослойной цилиндрической стенки.
11. Запишите решение дифференциального уравнения теплопроводности для однородного цилиндрического стержня.
12. Запишите дифференциальное уравнение теплопроводности в прямом ребре произвольного профиля.
13. Дайте определение идеального ребра, коэффициента тепловой эффективности ребра.

14. Запишите выражения для количества теплоты, переданного ребрами окружающей среде в зависимости от их формы и профиля.
15. Ребра какой формы и профиля экономически более эффективны?

Модуль 2. Нестационарная теплопроводность

1. Приведите примеры и охарактеризуйте особенности процесса нестационарной теплопроводности при стремлении тела к тепловому равновесию.
2. Запишите дифференциальное уравнение нестационарного процесса теплопроводности без внутренних источников тепла.
3. Поясните метод решения нестационарного уравнения теплопроводности для пластины.
4. Дайте определение критериев Био и Фурье, поясните их физический смысл.
5. Что такое безразмерная избыточная температура?
6. В каком случае можно определить температуру центра или поверхности пластины при помощи номограмм?
7. Изобразите распределение избыточной температуры для бесконечной пластины в зависимости от диапазона значений числа Био.
8. Запишите формулы для определения чисел Био и Фурье для цилиндра.
9. Сравните значения температур центра цилиндра и шара одинакового радиуса для произвольного момента времени.
10. Дайте определения средней безразмерной избыточной температуры, средней по сечению температуры тела.
11. Поясните зависимость средней безразмерной избыточной температуры тела от чисел Био и Фурье.
12. Как определяется количество теплоты, отданное (полученное) телами конечных размеров в процессе охлаждения (нагревания)?
13. Перечислите стадии охлаждения тел, охарактеризуйте их.
14. Дайте определение, расчетную формулу и единицы измерения темпа охлаждения. Поясните особенности этой величины в стадии регулярного режима.
15. Чем отличаются друг от друга регулярные режимы первого, второго и третьего рода?

Модуль 3. Конвективный теплообмен в однородной среде

1. Сформулируйте закон Ньютона – Рихмана. Дайте определение коэффициента теплоотдачи.
2. Перечислите виды конвекции и дайте их определение.
3. Перечислите режимы течения жидкостей. Какое критериальное число их определяет?
4. Как и почему зависит теплоотдача от режимов течения жидкости?
5. Дайте определение гидродинамического и температурного пограничных слоев.
6. Дайте определение и приведите примеры определяющих и определяемых критериев.
7. Каким образом формулируется зависимость определяемых критериев подобия от определяющих?
8. Поясните сущность понятий определяющий размер и определяющая температура.
9. Под действием каких сил возникает свободное движение жидкости?
10. Чем отличается свободное движение жидкости в большом объеме от свободного движения в ограниченном пространстве? Как это влияет на теплоотдачу?
11. Какими критериями подобия характеризуется теплоотдача при свободном движении жидкости? Запишите их выражения и поясните физический смысл.
12. При каких значениях числа Re наступает турбулентное течение жидкости в трубе?
13. Какой тепловой процесс считается преобладающим в случае свободного движения жидкости в ограниченном пространстве? Как определить тепловой поток в этом случае?
14. Запишите выражение для определения толщины температурного пограничного слоя.
15. Что является определяющим размером и определяющей температурой при течении жидкости в трубе?

Модуль 4. Теплообмен при фазовых превращениях

1. В чем заключается отличие пленочной конденсации от капельной? В каком случае и почему будет выше коэффициент теплоотдачи?
2. Для каких значений числа Рейнольдса характерно образование волн на поверхности пленки конденсата? К чему приводит волновое движение?
3. Как влияет скорость движения пара на процесс теплоотдачи?
4. Запишите уравнение Нуссельта для конденсации неподвижного пара. Схематически изобразите зависимость коэффициента теплоотдачи и толщины пленки конденсата от высоты стенки.
5. Из-за влияния каких физических процессов уравнение Нуссельта неточно описывает пленочную конденсацию неподвижного пара?
6. Поясните особенности капельной конденсации неподвижного пара.
7. Какие процессы необходимо учитывать при расчете теплоотдачи движущегося пара на трубных пучках?
8. Дайте определение и поясните особенности пузырькового и пленочного режимов кипения жидкости.
9. Охарактеризуйте механизм пузырькового и пленочного режимов кипения жидкости, а также их влияние на процесс теплоотдачи.
10. Какая жидкость называется перегретой, какие процессы могут вызвать значительный перегрев жидкости?
11. В каком случае и почему выше теплоотдача – при конвективном теплообмене или при пузырьковом кипении жидкости?
12. Чем опасен пленочный режим кипения жидкости?
13. Какие режимы течения наблюдаются при кипении жидкости в вертикальных и горизонтальных трубах?
14. Какие явления называют первым и вторым кризисами кипения?
15. Что называют первой и второй критической плотностью теплового потока?

Модуль 5. Лучистый теплообмен

1. Дайте определение теплового излучения, поясните его механизм.
2. Какое излучение называется селективным или выборочным? В каком случае излучение имеет сплошной спектр?
3. Излучение каких групп веществ имеет сплошной или селективный спектр и почему?
4. Какие тела называют абсолютно черными, абсолютно белыми, диатермичными?
5. Дайте определение коэффициентов поглощения, отражения и пропускания. Запишите соотношение между ними.
6. Сформулируйте законы Планка, Вина для равновесного излучения абсолютно черного тела.
7. Сформулируйте закон Стефана – Больцмана.
8. Сформулируйте закон Кирхгофа и следствия из него.
9. Сформулируйте закон Ламберта.
10. Что называют приведенным коэффициентом излучения в системе двух плоскопараллельных тел?
11. Запишите выражение для результирующего лучистого потока в системе двух плоскопараллельных тел?
12. Во сколько раз снижает тепловой поток в системе двух плоскопараллельных тел установка n экранов, имеющих одинаковую с излучающими поверхностями степень черноты?
13. Запишите выражение для результирующего потока излучения, если тело полностью находится внутри оболочки.
14. Укажите основные особенности излучения газов и паров.
15. Почему степень черноты трех- и более атомных газов зависит от толщины и давления слоя газа?

Модуль 6. Теплопередача

1. Основное уравнение теплопередачи. Физический смысл коэффициента теплопередачи. Термическое сопротивление теплопередачи.
2. Как определяется коэффициент теплопередачи при передаче теплоты через плоскую однослойную стенку?
3. Как определяется коэффициент теплопередачи при передаче теплоты через цилиндрическую однослойную стенку?
4. Как определяются температуры на границах слоев многослойной стенки?
5. Как определяется коэффициент теплопередачи при передаче теплоты через плоскую многослойную стенку?
6. Как определяется коэффициент теплопередачи при передаче теплоты через цилиндрическую многослойную стенку?
7. Что такое критический диаметр изоляции? Как определяется критический диаметр изоляции?
8. Поясните, в каком случае тепловой поток через цилиндрическую стенку будет возрастать при наложении изоляции.
9. Как классифицируются теплообменники в зависимости от способа передачи теплоты от горячего теплоносителя к холодному?
10. Как классифицируются теплообменники в зависимости от направления движения теплоносителей?
11. Поясните принцип действия рекуперативных, регенеративных и смешительных теплообменников.
12. При какой схеме движения теплоносителей в рекуперативном теплообменнике требуется наименьшая площадь теплообмена?
13. Что такое среднелогарифмический температурный напор?
14. Если один из теплоносителей в теплообменнике пар, какая схема движения теплоносителей более выгодна?
15. В воздушно –водяном теплообменнике с какой стороны следует выполнять оребрение для интенсификации процесса теплообмена?

Модуль 7. Массоотдача

1. Дайте определение следующих понятий: диффузия, концентрационная диффузия, молярная диффузия, молекулярная диффузия.
2. Какие явления называются эффект Дюфо и эффект Соре?
3. Вследствие какого эффекта более тяжелые молекулы стремятся перейти в холодные области, если массы двух компонентов различны; а более крупные переходят в холодные области, если массы молекул примерно одинаковы?
4. Запишите уравнение энергии для бинарной смеси диффундирующих друг в друга компонентов.
5. Запишите уравнение массообмена в движущейся бинарной смеси.
6. Сформулируйте закон Фика и запишите его математическое выражение.
7. Запишите уравнение массоотдачи. Каким уравнениям оно аналогично?
8. Дайте определение экзотермических, эндотермических, гомогенных и гетерогенных реакций.
9. Что такое теплота химической реакции? Как ее вычислить?
10. Запишите формулу для полной энтальпии. Как вычислить полную энтальпию для смеси газов?
11. Сформулируйте закон действующих масс.
12. Что такое скорость химической реакции? Как ее вычислить?
13. Дайте определение понятия химического равновесия. Что такое константа равновесия?

14. Запишите основные уравнения тепло- и массообмена в случае протекания химических реакций.
15. Запишите закон Ньютона – Рихмана для случая теплообмена между газовой смесью и поверхностью раздела фаз.

в) для промежуточной аттестации (ПрАт):

1. Температурное поле, градиент температуры. Тепловой поток. Плотность теплового потока. Закон Фурье.
2. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности, граничные условия
3. Теплопроводность плоской однослойной стенки.
4. Теплопроводность многослойной плоской стенки.
5. Теплопроводность однослойной цилиндрической стенки.
6. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки.
7. Теплопроводность тел различной формы с внутренним источником теплоты
8. Теплопередача через плоскую однослойную и многослойную стенки
9. Дифференциальное уравнение нестационарного процесса теплопроводности.
10. Дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности в безразмерном виде.
11. Критерии подобия в нестационарной теплопроводности
12. Уравнение теплопроводности для пластины, цилиндра и шара.
13. Методика определения количества теплоты, отданного (полученного) телами в процессе охлаждения (нагревания).
14. Методика определения температуры тел конечных размеров при помощи номограмм.
15. Теорема Кондратьева.
16. Теория регулярного режима. Методика определения коэффициента теплопроводности методом регулярного режима. первого, второго и третьего рода.
17. Методика определения коэффициента теплопроводности методом регулярного режима.
18. Конвективный теплообмен, закон Ньютона – Рихмана.
19. Гидродинамический и температурный пограничные слои.
20. Теплоотдача при свободном течении жидкости в большом объеме вдоль вертикальной стенки
21. Особенности теплоотдачи для свободной конвекции около горизонтальных труб.
22. Теплоотдача при свободном течении жидкости в ограниченном пространстве.
23. Теплоотдача при продольном обтекании плоской пластины в случае ламинарного и турбулентного режимов течения жидкости.
24. Особенности теплоотдачи при обтекании одиночной круглой трубы в зависимости от режимов течения жидкости.
25. Теплоотдача при обтекании трубного пучка при шахматном и коридорном расположении труб.
26. Особенности теплоотдачи при течении в трубах жидких металлов.
27. Теплоотдача жидкости при сверхкритическом состоянии и ее особенности.
28. Теплоотдача при пленочной и капельной конденсации.
29. Особенности теплоотдачи при капельной конденсации неподвижного пара.
30. Влияние скорости движения пара на процесс теплоотдачи.
31. Теплоотдача при пузырьковом и пленочном режиме кипения жидкости.
32. Особенности теплоотдачи при пузырьковом режиме кипения неподвижной жидкости.
33. Теплоотдача при ламинарном движении паровой пленки вдоль вертикальной стенки и на горизонтальной трубе.
34. Теплоотдача при турбулентном движении паровой пленки.
35. Особенности вычисления первой и второй критических тепловых нагрузок при кипении жидкости.

Полный комплект тестированных заданий представлен в базе ИжГСХА, выполнен в программе Testoffice - 180 тестовых заданий и <http://moodle.izhgsha.ru> – 164 тестовых задания.

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Способы теплообмена. Основные понятия теплообмена.
2. Температурное поле, градиент температуры, тепловой поток, плотность теплового потока.
3. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности газов, жидкостей, твердых тел.
4. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности.
5. Теплопроводность в плоской стенке. Термическое сопротивление теплопроводности.
6. Теплопроводность в плоской многослойной стенке. Термическое сопротивление теплопроводности.
7. Теплопроводность однослойной цилиндрической стенки.
8. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки. Упрощение расчетных формул.
9. Перенос тепла в плоской стенке переменном коэффициенте теплопроводности.
10. Перенос тепла в цилиндрических стенках при переменном коэффициенте теплопроводности.
11. Теплопроводность шаровой стенки и тел неправильной формы.
12. Теплопроводность плоской стенки с внутренним источником теплоты.
13. Теплопроводность круглого стержня с внутренним источником теплоты.
14. Теплопроводность цилиндрической стенки с внутренним источником теплоты.
15. Нестационарное температурное поле неограниченной пластины. Числа Фурье, Био.
16. Нестационарное температурное поле бесконечного цилиндра. Числа Фурье, Био.
17. Сущность конвективной теплоотдачи. Свободная и вынужденная конвекция.
18. Закон Ньютона - Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Факторы, влияющие на его значение.
19. Гидродинамическая структура потока. Режимы течения. Тепловой и гидродинамический пограничные слои.
20. Уравнения теплоотдачи, энергии. Краевые условия.
21. Уравнения движения. Краевые условия.
22. Уравнение неразрывности. Краевые условия.
23. Основы теории подобия. Подобие процессов конвективного теплообмена. Критерии подобия. Критериальные уравнения.
24. Теплоотдача при обтекании плоской поверхности. Критериальные уравнения вынужденной конвекции.
25. Теплоотдача при течении жидкости в трубах. Критериальные уравнения вынужденной конвекции.
26. Теплоотдача при свободной конвекции. Теплоотдача в неограниченном пространстве.
27. Теплоотдача при свободной конвекции. Теплоотдача в ограниченном пространстве.
28. Теплоотдача при поперечном обтекании одиночной трубы.
29. Теплоотдача при поперечном обтекании пучка труб.
30. Теплообмен излучением. Виды лучистых потоков. Эффективное излучение. Результирующее излучение.
31. Законы теплового излучения. Серое тело и степень черноты.
32. Лучистый теплообмен между телами.
33. Тепловое излучение газов.
34. Теплопередача через плоскую однослойную стенку.

35. Теплопередача через плоскую многослойную стенку.
36. Теплопередача через однородную цилиндрическую стенку.
37. Теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку.
38. Тепловая изоляция. Критическая толщина изоляции.
39. Теплопередача через ребристые поверхности. Коэффициент эффективности ребра. Коэффициент теплопередачи.
40. Теплообмен при конденсации пара на вертикальной поверхности, на поверхности горизонтальной трубы.
41. Особенности конденсации движущегося пара. Конденсация пара на горизонтальных трубных пучках.
42. Теплообмен при кипении жидкости. Режимы кипения. Механизм кипения.
43. Влияние теплофизических свойств поверхности и среды на интенсивность теплоотдачи при пузырьковом кипении.
44. Особенности теплообмена кипящей жидкости в трубках.
45. Теплообменные аппараты. Классификация теплообменных аппаратов.
46. Основы теплового расчета теплообменных аппаратов.
47. Конструктивный и поверочный расчет теплообменных аппаратов.
48. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов.
49. Массообмен. Основные понятия и определения.
50. Молекулярная диффузия, градиент концентрации, законы Фика.

**Рекомендуемый перечень вопросов для вынесения на междисциплинарный
итоговый государственный экзамен:**

1. Теплопроводность. Закон Фурье.
2. Теплопроводность плоской однослойной стенки, многослойной стенки
3. Теплопроводность однослойной цилиндрической стенки, многослойной стенки
4. Теплопроводность стержня с внутренним источником теплоты
5. Теплопроводность пластины с внутренним источником теплоты
6. Конвективная теплоотдача. Закон Ньютона-Рихмана.
7. Применение теории подобия для решения задач конвективного теплообмена.
8. Теплоотдача при вынужденной конвекции при продольном омывании пластины
9. Теплоотдача при вынужденной конвекции при движении теплоносителя в трубе.
10. Теплоотдача при вынужденной конвекции при поперечном омывании одиночной трубы, пучка труб.
11. Теплоотдача при свободной конвекции в неограниченном пространстве.
12. Теплоотдача при свободной конвекции в ограниченном пространстве.
13. Законы теплового излучения.
14. Сложный теплообмен.
15. Расчет теплообменных аппаратов.

6.2 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

1. Рабочая программа дисциплины «Тепломассообмен».
2. Артамонова Л.П. Тепломассообмен: методические указания для самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению "Теплотехника и теплоэнергетика" / ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. - Ижевск : РИО ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2015 - Ч. 1 - 84 с
3. Артамонова Л.П. Тепломассообмен: методические указания для самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению "Теплотехника и теплоэнергетика" / ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. - Ижевск: РИО ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2015 - Ч. 2 - 79 с.
4. Лекомцев П.Л., Артамонова Л.П., Долговых О.Г. Теоретические основы теплотехники. Тепломассообмен. Методические указания к выполнению лабораторных работ.- Ижевск : РИО ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2016- 53с.
5. Лекомцев П.Л., Артамонова Л.П., Дресвянникова Е.В. Теплотехника. Методические указания к выполнению РГР.-Ижевск : РИО ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2016-42с.
6. Артамонова Л.П. Тепломассообмен. Онлайн - курс.
<http://moodle.izhgsha.ru/course/view.php?id=134>

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕПЛОМАССОБМЕН»

7.1 Основная литература

п/п	Наименование	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
1	Стоянов Н.И., Смирнов С.С., Смирнова А.В. Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и теплообмен).- Ставрополь: СКФУ, 2014-226с.	1-7	5,6	ЭБС Руконт, http://rukont.ru/efd/304188	
2	Кудинов А. А. Теплообмен: учебное пособие / А. А. Кудинов. -Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2015. -375 с.	1-7	5,6	ЭБС Znanium.com http://znanium.com/book=512522	
3	Ануфриенко О. С. Техническая термодинамика и теплообмен [Электронный ресурс]: учебное пособие, - Орск: Изд-во Орского гуманитарно-технологического института, 2011. – 266 с.	1-7	5,6	ЭБС Руконт http://rukont.ru/efd/233740	
4	Орлов М. Е. Теоретические основы теплотехники. Теплообмен [Электронный ресурс]: учебное пособие, - Ульяновск: , 2013.	1-7	5,6	ЭБС AgriLib http://ebs.rgazu.ru/?q=node/2592	

7.2 Дополнительная литература

п/п	Наименование	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
1	Цветков Ф. Ф., Григорьев Б. А. Теплообмен.- М.: МЭИ, 2006-549с.	1-7	5,6	22	-
2	Никитин В. А. Лекции по теплотехнике [Электронный ресурс]: конспект лекций, сост.. - Оренбург: , 2011. -	1-7	5,6	ЭБС Руконт http://rukont.ru/efd/193250	
3	Артамонова Л.П. Теплообмен.ч.1. Методические указания для самостоятельной работы студентов.- Ижевск : РИО ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2015-84с.	1-3	5	http://portal.izhgsha.ru	
4	Артамонова, Л.П. Теплообмен.ч.2. Методические указания для самостоятельной работы студентов.- Ижевск : РИО ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2015-79с.	4-7	6	http://portal.izhgsha.ru	

7.3 Перечень интернет-ресурсов

1. Сайт Министерство энергетики Российской Федерации <http://minenergo.gov.ru/>
2. Сайт газеты «Энергетика и промышленность России» <http://www.eprussia.ru/>
3. Интернет портал ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА» <http://portal.izhgsha.ru>

7.4 Методические указания по освоению дисциплины

Перед изучением дисциплины студенту необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, размещенной на портале и просмотреть основную литературу, приведенную в рабочей программе в разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины». Книги, размещенные в электронно-библиотечных системах доступны из любой точки, где имеется выход в «Интернет», включая домашние компьютеры и устройства, позволяющие работать в сети «Интернет». Если выявили проблемы доступа к указанной литературе, обратитесь к преподавателю (либо на занятиях, либо через портал академии).

Для изучения дисциплины необходимо иметь чистую тетрадь для выполнения заданий. Перед началом занятий надо бегло повторить материал из курсов дисциплин «Электротехника», «Техническая термодинамика», «Материаловедение».

Для эффективного освоения дисциплины рекомендуется посещать все виды занятий в соответствии с расписанием и выполнять все домашние задания в установленные преподавателем сроки. В случае пропуска занятий по уважительным причинам, необходимо подойти к преподавателю и получить индивидуальное задание по пропущенной теме.

Полученные знания и умения в процессе освоения дисциплины студенту рекомендуется применять для решения своих задач, не обязательно связанных с программой дисциплины.

Владение компетенциями дисциплины в полной мере будет подтверждаться Вашим умением решать конкретные задачи по разработке и проектированию электротехнологических установок и процессов, а также выявлять существующие проблемы.

Полученные при изучении дисциплины знания, умения и навыки рекомендуется использовать при выполнении выпускной квалификационной работы, а также на производственной практике.

7.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Изучение дисциплины подразумевает использование информационных технологий:

- Поиск информации в глобальной сети Интернет
- Работа в электронно-библиотечных системах
- Работа в ЭИОС вуза (работа с порталом и онлайн-курсами в системе moodle.izhgsha.ru)
- Мультимедийные лекции
- Работа в компьютерном классе
- Компьютерное тестирование

При изучении учебного материала используется комплект лицензионного программного обеспечения следующего состава:

1. Операционная система: Microsoft Windows 10 Professional. Подписка на 3 года. Договор № 9-БД/19 от 07.02.2019. Последняя доступная версия программы. Astra Linux Common Edition. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.
2. Базовый пакет программ Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint). Microsoft Office Standard 2016. Бессрочная лицензия. Договор №79-ГК/16 от 11.05.2016. Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия. Договор №0313100010014000038-0010456-01 от 11.08.2014. Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия. Договор №26 от 19.12.2013. Microsoft Office Professional Plus 2010. Бессрочная лицензия. Договор №106-ГК от 21.11.2011. Р7-Офис. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.
3. Информационно-справочная система (справочно-правовая система) «Консультант плюс». Соглашение № ИКП2016/ЛСВ 003 от 11.01.2016 для использования в учебных целях бессрочное. Обновляется регулярно. Лицензия на все компьютеры, используемые в учебном процессе.

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к следующим современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам:

Информационно-справочная система (справочно-правовая система) «КонсультантПлюс».

«1С:Предприятие 8 через Интернет для учебных заведений» (<https://edu.1cfresh.com/>) со следующими приложениями: 1С: Бухгалтерия 8, 1С: Управление торговлей 8, 1С:ERP Управление предприятием 2, 1С: Управление нашей фирмой, 1С: Зарплата и управление персоналом. Облачный сервис.

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕПЛОМАССООБМЕН»

<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: переносной компьютер, проектор, доска, экран.</p>
<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (практических занятий). Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: компьютеры с необходимым программным обеспечением, выходом в «Интернет» и корпоративную сеть.</p>
<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (лабораторных занятий). Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: переносной ноутбук, лабораторное оборудование: стенд "Исследование теплообменника"; стенд "Определение коэффициента теплопередачи при перекрестном движении теплоносителей"; стенд "Определение коэффициента теплоотдачи от горизонтальной трубы при свободном движении воздуха"; стенд "Определение коэффициента теплопроводности методом цилиндра"; стенд "Определение коэффициента теплопередачи нагревательного прибора"; стенд "Определение коэффициента теплопроводности при поперечном обтекании цилиндра воздухом"; стенд "Определение степени черноты полного излучения серого тела методом сравнения с эталонным телом"; стенд "Определение эквивалентного коэффициента теплопроводности при теплоотдаче в ограниченном пространстве"; стенд "Комплект теплообменное оборудование".</p>
<p>Помещение для самостоятельной работы. Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.</p>
<p>Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования</p>

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации студентов
по итогам освоения дисциплины

ТЕПЛОМАССОБМЕН

Направление подготовки *«Теплоэнергетика и теплотехника»*

Профиль подготовки *«Энергообеспечение предприятий»*

Квалификация выпускника – *бакалавр*

Форма обучения – *очная, заочная*

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ СТУДЕНТОВ

Цель промежуточной аттестации - проверка степени усвоения студентами учебного материала за время изучения дисциплины, уровня сформированности компетенций после завершения изучения дисциплины.

Студенту необходимо представить отчеты по выполненным лабораторным работам и расчетно-графическим работам.

Аттестация проходит в форме зачета и экзамена. При полностью выполненных заданиях и ответах на вопросы студент может получить максимальную оценку «отлично».

Задачи промежуточной аттестации:

1. определение уровня усвоения учебной дисциплины;
2. определение уровня сформированности элементов профессиональных компетенций.

ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства для проверки знаний (1-й этап)	Оценочные средства для проверки умений (2-й этап)	Оценочные средства для проверки владений (навыков) (3-й этап)
1.	Модуль 1. Стационарная теплопроводность	ОПК-2	п. 3.1.1	п. 3.2.1	п. 3.3.1
2.	Модуль 2. Нестационарная теплопроводность	ОПК-2	п. 3.1.2	п. 3.2.2	п. 3.3.2
3.	Модуль 3. Конвективный теплообмен в однородной среде	ОПК-2	п. 3.1.3	п. 3.2.3	п. 3.3.3
4	Модуль 4. Теплообмен при фазовых превращениях	ОПК-2	п. 3.1.4	п. 3.2.4	п. 3.3.4
5	Модуль 5. Лучистый теплообмен	ОПК-2	п. 3.1.5	п. 3.2.5	п. 3.3.5
6	Модуль 6. Теплопередача	ОПК-2	п. 3.1.6	п. 3.2.6	п. 3.3.6
7	Модуль 7 Массоотдача	ОПК-2	п. 3.1.7	п. 3.2.7	п. 3.3.7

1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Перечень профессиональных компетенций и этапы их формирования

Номер/индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
		Знать	Уметь	Владеть
ОПК-2	способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную суть проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, выявлять естественнонаучную суть проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	базовыми знаниями в области естественнонаучных дисциплин, методами выявления естественнонаучной сути проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; способностью применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

Бакалавр должен быть готов к выполнению задач по следующим видам деятельности:

- участие в монтажных, пусконаладочных работах, предварительных испытаниях, опытной эксплуатации и приемке (сдаче) в эксплуатацию энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования;
- расчет и проектирование деталей и узлов в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования;
- контроль соблюдения норм расхода топлива и всех видов энергии;
- организация метрологического обеспечения технологических процессов;
- участие в работах по освоению и доводке технологических процессов в ходе подготовки производства продукции;
- обслуживание технологического оборудования;
- участие в проверке технического состояния и остаточного ресурса оборудования, организации профилактических осмотров и текущего ремонта.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть основными требованиями, характеризующими профессиональную деятельность бакалавров.

Знать:

- законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты;
- калорические и переносные свойства веществ применительно к рабочим телам тепловых машин и теплоносителям;
- механизмы и законы переноса теплоты и массы;
- методы анализа процессов теплообмена;
- элементы теории подобия и ее применение при изучении процессов переноса;
- физическое и математическое моделирование процессов тепло- и массообмена.

Уметь:

- рассчитывать температурные поля в потоках технологических жидкостей и газов;
- рассчитывать температурные поля в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов тепломассообмена;
- проводить анализ процессов тепло и массопереноса в печных агрегатах;
- уметь рассчитывать основные параметры процессов массо- и теплопереноса;
- использовать методы математического моделирования для описания процессов массо- и теплопереноса.

Владеть:

- основами расчета процессов тепломассопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования;
- понятийно-терминологическим аппаратом в области тепломассообмена;
- навыками рационализации профессиональной деятельности.

2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

Сформированность каждой компетенции в рамках освоения дисциплины оценивается по шкале:

- *удовлетворительно*, является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- *хорошо*, характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- *отлично*, характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

Для оценки сформированности компетенций в рамках дисциплины в целом, преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в ответах студента на экзаменационные вопросы, решение задач, а также результаты участия в научной работе, олимпиадах и конкурсах.

Показателями уровня освоенности компетенций на всех этапах их формирования являются:

1-й этап (уровень знаний):

- Умение отвечать на основные вопросы и тесты на уровне понимания сути – удовлетворительно (3).
- Умение грамотно рассуждать по теме задаваемых вопросов – хорошо (4)
- Умение формулировать проблемы по сути задаваемых вопросов – отлично (5)

2-й этап (уровень умений):

- Умение решать простые задачи с незначительными ошибками - удовлетворительно (3).
- Умение решать задачи средней сложности – хорошо (4).
- Умение решать задачи повышенной сложности, самому ставить задачи – отлично (5).

3-й этап (уровень владения навыками):

- Умение формулировать и решать задачи из разных разделов с незначительными ошибками - удовлетворительно (3).
- Умение находить проблемы, решать задачи повышенной сложности – хорошо (4).

- Умение самому ставить задачи, находить недостатки и ошибки в решениях – отлично (5).

3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

3.1 Типовые задания для оценки знаний, приобретаемых в ходе изучения дисциплины (1-й этап)

3.1.1 Модуль 1. Стационарные процессы переноса теплоты в твердых телах

1. Методы исследования тепловых процессов. Закон Фурье, коэффициент теплопроводности.
2. Температурное поле в плоской стенке при граничных условиях первого рода, теплопроводность через многослойную стенку.
3. Температурное поле в плоской стенке при наличии тепловыделений.
4. Температурное поле в цилиндрической стенке при граничных условиях первого рода, теплопроводность через многослойную цилиндрическую стенку.
5. Теплопроводность однородного цилиндрического стержня при наличии тепловыделений.

3.1.3 Модуль 2. Нестационарная теплопроводность

1. Нестационарное температурное поле в плоской
2. Зависимость поля температур бесконечной пластины от числа Био.
3. Нестационарное температурное поле в сплошном бесконечном цилиндре, в шаре.
4. Стадии процесса охлаждения (нагрева) тел, их характеристики.
5. Регулярный режим охлаждения тел. Темп охлаждения.

3.1.2 Модуль 3. Конвективный теплообмен в однородной среде

1. Гидродинамический и тепловой пограничные слои
2. Теория подобия в конвективном теплообмене. Критериальные уравнения. Критерии подобия.
3. Методы экспериментального определения коэффициентов теплоотдачи.
4. Теплоотдача при свободной конвекции жидкости
5. Теплоотдача при вынужденной конвекции, ламинарный и турбулентный режим течения жидкости.

3.1.4 Модуль 4. Теплообмен при фазовых превращениях

1. Определение и классификация процессов конденсации.
2. Теплообмен при конденсации чистых паров. Термодинамические условия протекания процесса, пленочная и капельная конденсация
3. Конденсация движущегося пара на одиночной трубе.
4. Механизм теплообмена при пузырьковом кипении жидкостей. Теплообмен при пленочном кипении жидкостей.
5. Кризис пузырькового кипения жидкостей в свободном объеме.

3.1.5 Модуль 5. Лучистый теплообмен

1. Процесс лучистого теплообмена. Виды лучистых потоков.
2. Собственное, отраженное, поглощенное, пропущенное, эффективное, результирующее излучение.
3. Закон Планка. Правило смещения Вина. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Закон Ламберта.
4. Методы исследования процессов лучистого теплообмена.
5. Теплообмен излучением между двумя телами, произвольно расположенными в пространстве.
6. Особенности излучения газов и паров.

3.1.6 Модуль 6. Теплопередача

1. Уравнение теплопередачи.
2. Теплопередача через однослойную плоскую стенку. Теплопередача через многослойную стенку.

3. Теплопередача через однослойную цилиндрическую стенку. Теплопередача через многослойную стенку.
4. Методика расчета изоляции. Критический диаметр изоляции.
5. Типы теплообменников. Методика теплового расчета рекуперативных теплообменников.

3.1.7 Модуль 7. Массоотдача

1. Концентрационная диффузия, закон Фика, коэффициент диффузии.
2. Дифференциальные уравнения тепло- и массообмена.
3. Уравнение конвективной тепло- и массоотдачи
4. Основные уравнения тепло- и массообмена при химических превращениях.
5. Теплообмен между газовой смесью и поверхностью раздела фаз.

3.2 Типовые задания для оценки умений, приобретаемых в ходе изучения дисциплины (2-й этап)

3.2.1 Модуль 1. Стационарные процессы переноса теплоты в твердых телах

1. Расчет теплового потока теплопроводностью через плоскую одно- и многослойную стенку.
2. Расчет теплового потока теплопроводностью через цилиндрическую одно- и многослойную стенку.
3. Расчет теплового потока теплопроводностью через стенки неправильной формы.
4. Расчет эквивалентного коэффициента теплопроводности одно- и многослойных стенок.
5. Расчет процесса теплопроводности при наличии внутренних источников теплоты.

3.2.3 Модуль 2. Нестационарная теплопроводность

1. Решение задач нестационарной теплопроводности с помощью номограмм.
2. Расчет процессов нагрева и охлаждения пластины.
3. Расчет процессов нагрева и охлаждения стержня.
4. Применение метода регулярного режима охлаждения тел для экспериментального определения теплофизических свойств веществ.

3.2.2 Модуль 3. Конвективный теплообмен в однородной среде

1. Применение теории подобия при решении задач конвективного теплообмена.
2. Расчет процесса теплоотдачи при свободной конвекции теплоносителя около вертикальных и горизонтальных поверхностей.
3. Расчет процесса теплоотдачи при вынужденной конвекции теплоносителя.
4. Определение эквивалентного коэффициента теплопроводности при теплоотдаче в ограниченном пространстве.

3.2.4 Модуль 4. Теплообмен при фазовых превращениях

1. Применение теории подобия при решении задач теплообмена при фазовых превращениях.
2. Расчет процесса теплообмена при кипении жидкости.
3. Расчет процесса теплообмена при конденсации неподвижного пара.
4. Расчет процесса теплообмена при конденсации движущегося пара
5. Расчет параметров при кризисах кипения.

3.2.5 Модуль 5. Лучистый теплообмен

1. Определение собственного, отраженного, поглощенного, пропущенного, эффективного, результирующего излучения.
2. Методы определения коэффициента излучения твердых тел (радиационный, калориметрический, регулярного теплового режима, нагревания с постоянной скоростью).
3. Использование законов теплового излучения для расчета процесса лучистого теплообмена.
4. Приближенный метод расчета степени черноты дымовых газов.
5. Определение коэффициента теплоотдачи излучением для нагревательной печи.

3.2.6 Модуль 6. Теплопередача

1. Расчет процесса теплопередачи через однослойную и многослойную плоскую стенку.
2. Расчет процесса теплопередачи через однослойную и многослойную цилиндрическую стенку.
3. Расчет изоляции. Определение критического диаметра изоляции.
4. Конструкционный и поверочный расчет рекуперативных теплообменных аппаратов.

3.2.7 Модуль 7. Массоотдача

1. Расчет массоотдачи при турбулентном течении жидкости на основе уравнений теплоотдачи.
2. Расчет массоотдачи в случае ламинарного пограничного слоя при вынужденном движении.

3.3 Типовые задания для оценки навыков, приобретаемых в ходе изучения дисциплины (3-й этап)

3.3.1 Модуль 1. Стационарные процессы переноса теплоты в твердых телах

1. Плотность теплового потока через плоскую стенку толщиной $\delta=50$ мм $q=70$ Вт/м². Определить разность температур на поверхностях стенки, если она выполнена: а) из латуни ($\lambda=70$ Вт/м⁰С); б) из красного кирпича ($\lambda=0,7$ Вт/м⁰С); в) из пробки ($\lambda=0,07$ Вт/м⁰С).
2. Определить температуры на поверхностях соприкосновения слоев стенки t_{c2} камеры сгорания и на внешней поверхности t_{c3} , если внутренний диаметр камеры $d=190$ мм, толщина защитного покрытия, расположенного с внутренней стороны основной стенки, $\delta=1$ мм и его коэффициент теплопроводности $\lambda=1,15$ Вт/м⁰С, а толщина основной стенки $\delta=2$ мм и ее коэффициент теплопроводности $\lambda=372$ Вт/м⁰С. Удельный тепловой поток $q=407500$ Вт/м, температура на поверхности покрытия со стороны камеры $t_{c2}=1200$ °С.
3. По стержню из нержавеющей стали диаметром $d=10$ мм проходит электрический ток, вызывающий объемное выделение теплоты мощностью $q_v=2,4 \cdot 10^7$ Вт/м³. На поверхности стержня поддерживается температура $t_c=30$ °С. Найти температуру на оси стержня t_0 и плотность теплового потока на внешней поверхности стержня, если коэффициент теплопроводности стали $\lambda=25$ Вт/м⁰С.

3.3.3 Модуль 2. Нестационарная теплопроводность

1. Определить температуру на поверхности и в центре равномерно нагретого до $t_0=900$ °С длинного стального цилиндра диаметром $d=350$ мм через 1 час, 0,5 часа и 20 минут после помещения его на воздух, температура которого $t_{жс}=25$ °С. Коэффициент теплоотдачи от стенки цилиндра к воздуху $\alpha=50$ Вт/м²°С, коэффициент теплопроводности стали $\lambda=50$ Вт/м⁰С, удельная теплоемкость стали $c_p=0,7$ кДж/кг⁰С, плотность стали $\rho=7900$ кг/м³.
2. Начальная температура листа стали толщиной $\delta=10$ мм, $t_0=100$ °С. Физические свойства стали: коэффициент теплопроводности $\lambda=45$ Вт/м⁰С, плотность $\rho=7900$ кг/м³, теплоемкость $c_p=0,46$ кДж/кг⁰С. Найти температуру листа через 1 мин после начала охлаждения в воздухе и в воде. Для воздуха коэффициент теплоотдачи $\alpha=8$ Вт/м²°С, для воды $\alpha=500$ Вт/м²°С. И в том и в другом случае $t_{жс}=20$ °С.
3. Внутренняя часть ограждения промышленной печи выполнена из огнеупорного материала, а внешняя представляет собой тепловую изоляцию. Толщина огнеупора $\delta=250$ мм, его физические свойства: коэффициент теплопроводности $\lambda=45$ Вт/м⁰С, коэффициент температуропроводности $a=3,5 \cdot 10^{-7}$ м²/с. Температура огнеупора и температура печи $t_0=20$ °С. Найти температуры внутренней и внешней поверхностей огнеупора через 10 часов после того, как температура газов в печи возрастает до $t_{жс}=1000$ °С. Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке $\alpha=32$ Вт/м²°С.

3.3.2 Модуль 3. Конвективный теплообмен в однородной среде

1. Определить среднее значение коэффициента теплоотдачи α , Вт/м²°С и количество передаваемой теплоты Φ , Вт при течении воды в горизонтальной трубе диаметром $d=150$ мм и длиной $l=2$ м, если средняя скорость течения $\omega=0,8$ м/с, средняя температура воды $t_{жс}=60$ °С, средняя температура стенки $t_c=20$ °С.
2. Вдоль горячей стенки с постоянной температурой $t_c=120$ °С направлен поток воздуха со скоростью $\omega=5$ м/с. Определить средний коэффициент теплоотдачи от стенки к воздуху, если длина стенки $l=2$ м, а температура набегающего воздуха $t_{жс}=10$ °С. Определить местный коэффициент теплоотдачи и толщину гидродинамического пограничного слоя воздуха на расстоянии 1 м от начала стенки.
3. Определить потерю теплоты путем свободной конвекции от вертикальной трубы диаметром $d=200$ мм и длиной $l=5$ м к воздуху, если средняя температура поверхности трубы $t_c=95$ °С, а средняя температура воздуха $t_{жс}=250$ °С.
4. Определить средний коэффициент теплоотдачи от воздуха для 4-рядного коридорного пучка

труб диаметром $d = 12$ мм. Средняя температура воздуха $t_{жс} = 95^{\circ}\text{C}$, средняя скорость в самом узком сечении пучка $\omega = 15$ м/с, угол атаки $\varphi^{\circ} = 90^{\circ}\text{C}$.

3.3.4 Модуль 4. Теплообмен при фазовых превращениях

1. Вычислить средний коэффициент теплоотдачи при кипении воды и количество пара, получаемое в испарителе за 1 час, если общая поверхность испарения составляет $F = 2$ м², средняя температура стенки испарителя $t_{cm} = 255^{\circ}\text{C}$, давление пара $P = 2,5$ МПа.

2. Определить средний коэффициент теплоотдачи от пара к трубе (горизонтальной и вертикальной) конденсатора и количество конденсата, образующегося за 1 час, если труба имеет наружный диаметр $d = 12$ мм, высотой (длиной) $h = 6$ м и среднюю температуру поверхности $t_{cm} = 20^{\circ}\text{C}$. На поверхности трубы конденсируется сухой насыщенный пар при давлении $P = 1,5$ МПа.

3. Вычислить коэффициент теплоотдачи при кипении воды и количество пара, полученное в испарителе за 1 час. Площадь поверхности испарителя $F = 5$ м². Температура стенки испарителя $t_{cm} = 155^{\circ}\text{C}$. Давление пара $P = 0,45$ МПа.

3.3.5 Модуль 5. Лучистый теплообмен

1. Определить тепловой поток, излучаемый стальной трубой с окисленной поверхностью, имеющей наружный диаметр 70 мм и длину 10 м. Температура поверхности трубы 230°C . Труба расположена в помещении на большом удалении от стен, температура которых 20°C .

2. Нихромовая проволока разогрета до температуры 1000°C . Вычислить коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием с поверхности проволоки, если нагреватель расположен в большом помещении, а температура ограждений 27°C .

3. Горячий газ движется по каналу, стенки которого нагреты до 180°C . В поток газа помещена термопара, которая показывает температуру 340°C . Коэффициент теплового излучения спая термопары 0,88. Коэффициент конвективной теплоотдачи от потока газа к спаю термопары 50 Вт/(м²·К). Из-за лучистого теплообмена между спаем и стенками канала термопара показывает заниженную температуру газа. Найти действительную температуру газа в канале.

3.3.6 Модуль 6. Теплопередача

1. Найти толщину слоя шлаковаты, которым надо изолировать плоскую стенку от окружающей среды, чтобы уменьшить потери теплоты в 2 раза по сравнению с неизолированной стенкой. Температура наружной поверхности стенки после наложения изоляции не изменилась. Коэффициент теплоотдачи в окружающую среду принять в обоих случаях $a = 1,16$ Вт/м²·°C.

2. В паровом подогревателе на стальных трубках с толщиной стенки 4 мм конденсируется водяной пар давлением 476 кПа. Внутри труб греется вода при средней температуре 30°C . Коэффициенты теплоотдачи: для пара $a_1 = 13\,000$, для воды $a_2 = 3500$ Вт/м²·°C. На поверхностях трубок с одной стороны слой накипи толщиной 2 мм, с другой – слой ржавчины толщиной 1 мм. Найти температуры на поверхностях всех слоев и построить температурный график.

3. В газовой охладителе коэффициент теплоотдачи со стороны газа $\alpha_1 = 58$, со стороны воды $a_2 = 580$ Вт/м²·°C. В выпарном аппарате со стороны греющего пара $a_1 = 11\,000$ Вт/м²·°C, а со стороны кипящего раствора $a_2 = 2800$ Вт/м²·°C. В обоих теплообменниках стальные трубы с толщиной стенки 3 мм покрываются с одной стороны слоем накипи толщиной 2 мм. Как изменится в этих аппаратах коэффициент теплопередачи по сравнению с чистыми трубами? Расчет сделать по формулам для плоской стенки.

3.3.7 Модуль 7. Массоотдача

1. Открытая поверхность воды площадью 2,4 м² обдувается воздухом со скоростью 1,5 м/с. Определить количество влаги, испаряющейся за 1,5 ч, если температура воды 35°C , воздуха 220°C , относительная влажность воздуха 50%. Барометрическое давление 745 мм рт. ст.

2. Найти коэффициент массоотдачи в процессе высушивания влажного материала воздухом под давлением 780 мм рт. ст., движущимся со скоростью 1,8 м/с над поверхностью испарения, длина которой $l = 0,6$ м. Показания психрометра: $t_c = 32^{\circ}\text{C}$, $t_m = 18^{\circ}\text{C}$. Принять коэффициент диффузии $D_0 = 21,6 \cdot 10^{-6}$ м²/с при нормальных физических условиях.

3. Происходит адиабатное испарение воды, в результате чего температура окружающего воздуха понизилась с 81 до 35 °С. Расход воздуха 20 000 м³/ч, начальная относительная влажность 5%. Рассчитать количество испарившейся за 0,5 ч воды и конечную относительную влажность воздуха. Атмосферное давление 755 мм рт. ст.

Контрольная работа

Учебным планом дисциплины «Тепломассообмен» предусмотрено выполнение двух контрольных работ (заочная форма обучения):

Контрольная работа №1 включает 7 практических заданий по темам

- Стационарная теплопроводность
- Нестационарная теплопроводность
- Конвективный теплообмен

Порядок выполнения контрольной работы приведен в учебном издании Артамонова Л.П. Тепломассообмен: методические указания для самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению "Теплотехника и теплоэнергетика" / ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. - Ижевск : РИО ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2015 - Ч. 1 - 84 с

Контрольная работа №2 включает 4 практических заданий по темам

- Лучистый теплообмен,
- Теплопередача,
- Расчет теплообменных аппаратов.

Порядок выполнения контрольной работы приведен в учебном издании Артамонова Л.П. Тепломассообмен: методические указания для самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению "Теплотехника и теплоэнергетика" / ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. - Ижевск: РИО ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2015 - Ч. 2 - 79 с.

Вопросы для подготовки к зачету

1. Температурное поле, градиент температуры. Тепловой поток. Плотность теплового потока. Закон Фурье.
2. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности, граничные условия
3. Теплопроводность плоской однослойной стенки.
4. Теплопроводность многослойной плоской стенки.
5. Теплопроводность однослойной цилиндрической стенки.
6. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки.
7. Теплопроводность тел различной формы с внутренним источником теплоты
8. Теплопередача через плоскую однослойную и многослойную стенки
9. Дифференциальное уравнение нестационарного процесса теплопроводности.
10. Дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности в безразмерном виде.
11. Критерии подобия в нестационарной теплопроводности
12. Уравнение теплопроводности для пластины, цилиндра и шара.
13. Методика определения количества теплоты, отданного (полученного) телами в процессе охлаждения (нагревания).
14. Методика определения температуры тел конечных размеров при помощи номограмм.
15. Теорема Кондратьева.
16. Теория регулярного режима. Методика определения коэффициента теплопроводности методом регулярного режима. первого, второго и третьего рода.
17. Методика определения коэффициента теплопроводности методом регулярного режима.
18. Конвективный теплообмен, закон Ньютона – Рихмана.
19. Гидродинамический и температурный пограничные слои.

20. Теплоотдача при свободном течении жидкости в большом объеме вдоль вертикальной стенки
21. Особенности теплоотдачи для свободной конвекции около горизонтальных труб.
22. Теплоотдача при свободном течении жидкости в ограниченном пространстве.
23. Теплоотдача при продольном обтекании плоской пластины в случае ламинарного и турбулентного режимов течения жидкости.
24. Особенности теплоотдачи при обтекании одиночной круглой трубы в зависимости от режимов течения жидкости.
25. Теплоотдача при обтекании трубного пучка при шахматном и коридорном расположении труб.
26. Особенности теплоотдачи при течении в трубах жидких металлов.
27. Теплоотдача жидкости при сверхкритическом состоянии и ее особенности.
28. Теплоотдача при пленочной и капельной конденсации.
29. Особенности теплоотдачи при капельной конденсации неподвижного пара.
30. Влияние скорости движения пара на процесс теплоотдачи.
31. Теплоотдача при пузырьковом и пленочном режиме кипения жидкости.
32. Особенности теплоотдачи при пузырьковом режиме кипения неподвижной жидкости.
33. Теплоотдача при ламинарном движении паровой пленки вдоль вертикальной стенки и на горизонтальной трубе.
34. Теплоотдача при турбулентном движении паровой пленки.
35. Особенности вычисления первой и второй критических тепловых нагрузок при кипении жидкости.

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Способы теплообмена. Основные понятия теплообмена.
2. Температурное поле, градиент температуры, тепловой поток, плотность теплового потока.
3. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности газов, жидкостей, твердых тел.
4. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности.
5. Теплопроводность в плоской стенке. Термическое сопротивление теплопроводности.
6. Теплопроводность в плоской многослойной стенке. Термическое сопротивление теплопроводности.
7. Теплопроводность однослойной цилиндрической стенки.
8. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки. Упрощение расчетных формул.
9. Перенос тепла в плоской стенке переменном коэффициенте теплопроводности.
10. Перенос тепла в цилиндрических стенках при переменном коэффициенте теплопроводности.
11. Теплопроводность шаровой стенки и тел неправильной формы.
12. Теплопроводность плоской стенки с внутренним источником теплоты.
13. Теплопроводность круглого стержня с внутренним источником теплоты.
14. Теплопроводность цилиндрической стенки с внутренним источником теплоты.
15. Нестационарное температурное поле неограниченной пластины. Числа Фурье, Био.
16. Нестационарное температурное поле бесконечного цилиндра. Числа Фурье, Био.
17. Сущность конвективной теплоотдачи. Свободная и вынужденная конвекция.
18. Закон Ньютона - Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Факторы, влияющие на его значение.
19. Гидродинамическая структура потока. Режимы течения. Тепловой и гидродинамический пограничные слои.
20. Уравнения теплоотдачи, энергии. Краевые условия.
21. Уравнения движения. Краевые условия.
22. Уравнение неразрывности. Краевые условия.

23. Основы теории подобия. Подобие процессов конвективного теплообмена. Критерии подобия. Критериальные уравнения.
24. Теплоотдача при обтекании плоской поверхности. Критериальные уравнения вынужденной конвекции.
25. Теплоотдача при течении жидкости в трубах. Критериальные уравнения вынужденной конвекции.
26. Теплоотдача при свободной конвекции. Теплоотдача в неограниченном пространстве.
27. Теплоотдача при свободной конвекции. Теплоотдача в ограниченном пространстве.
28. Теплоотдача при поперечном обтекании одиночной трубы.
29. Теплоотдача при поперечном обтекании пучка труб.
30. Теплообмен излучением. Виды лучистых потоков. Эффективное излучение. Результирующее излучение.
31. Законы теплового излучения. Серое тело и степень черноты.
32. Лучистый теплообмен между телами.
33. Тепловое излучение газов.
34. Теплопередача через плоскую однослойную стенку.
35. Теплопередача через плоскую многослойную стенку.
36. Теплопередача через однородную цилиндрическую стенку.
37. Теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку.
38. Тепловая изоляция. Критическая толщина изоляции.
39. Теплопередача через ребристые поверхности. Коэффициент эффективности ребра. Коэффициент теплопередачи.
40. Теплообмен при конденсации пара на вертикальной поверхности, на поверхности горизонтальной трубы.
41. Особенности конденсации движущегося пара. Конденсация пара на горизонтальных трубных пучках.
42. Теплообмен при кипении жидкости. Режимы кипения. Механизм кипения.
43. Влияние теплофизических свойств поверхности и среды на интенсивность теплоотдачи при пузырьковом кипении.
44. Особенности теплообмена кипящей жидкости в трубках.
45. Теплообменные аппараты. Классификация теплообменных аппаратов.
46. Основы теплового расчета теплообменных аппаратов.
47. Конструктивный и поверочный расчет теплообменных аппаратов.
48. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов.
49. Массообмен. Основные понятия и определения.
50. Молекулярная диффузия, градиент концентрации, законы Фика.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Результаты обучения (этапы формирования компетенций)	Компетенции	Содержание оценочных заданий для выявления сформированности компетенций у студентов по завершении освоения дисциплины (уровень освоения)		
		Удовлетворительно (3)	Хорошо (4)	Отлично (5)
<i>Знания, приобретаемые в ходе освоения дисциплины</i>	ОПК-2	Обучающийся имеет знания только	Обучающийся твердо знает материал,	Обучающийся глубоко и прочно усвоил

<p>(1-й этап): Знать основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>		<p>основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки</p>	<p>грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос</p>	<p>программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает</p>
<p>Умения, приобретаемые в ходе освоения дисциплины (2-й этап): Уметь демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	ОПК-2	<p>Содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, при ответе на поставленный вопрос Обучающийся допускает неточности, недостаточно правильные формулировки методов расчета.</p>	<p>Содержание курса освоено полностью, все предусмотрено программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Обучающийся твердо знает методы расчета.</p>	<p>Обучающийся глубоко и прочно усвоил материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает. Выполнены все предусмотренные программой обучения задания.</p>
<p>Навыки, приобретаемые в ходе освоения дисциплины (3-й этап): Владеть базовыми знаниями в области естественнонаучных дисциплин, методами выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; способностью применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	ОПК-2	<p>Содержание дисциплины освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, задания выполнены, но в них имеются ошибки, при решении задач и при ответе на поставленный вопрос Обучающийся допускает неточности.</p>	<p>Содержание дисциплины освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, Обучающийся твердо знает методы расчета и определения режимных характеристик..</p>	<p>Обучающийся глубоко и прочно усвоил материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает. Сформированы практические компетенции. Умеет тесно увязывать теорию с практикой.</p>

Освоение основной образовательной программы сопровождается текущим контролем успеваемости и промежуточной аттестацией обучающихся.

Текущий контроль успеваемости обучающихся является элементом внутривузовской системы контроля качества подготовки специалистов и способствует активизации познавательной деятельности обучающихся в межсессионный период как во время контактной работы обучающихся с преподавателем, так и во время самостоятельной работы. Текущий контроль осуществляется преподавателем, ведущим дисциплину и может проводиться в следующих формах: индивидуальный и (или) групповой опрос (устный или письменный) на занятиях; защита реферата; презентация проектов, др. заданий, выполненных индивидуально или группой обучающихся; анализ деловых ситуаций (анализ вариантов решения проблемы, обоснования выбора оптимального варианта решения, др.); тестирование (письменное или компьютерное); контроль самостоятельной работы студентов (в письменной или устной форме).

По итогам текущего контроля руководитель практики отмечает обучающихся, проявивших особые успехи, а также обучающихся, не выполнивших запланированные виды работ.

Промежуточная аттестация призвана оценить компетенции, сформированные у обучающихся в процессе обучения и обеспечить контроль качества освоения программы. Знания, умения, навыки и уровень сформированных компетенций обучающихся оцениваются на зачете по шкале «зачтено», «незачтено».

Отметка **«зачтено»** выставляется обучающемуся, если он исчерпывающе и логически стройно его излагает; продемонстрировал уверенное владение материалом; справляется с вопросами и другими видами применения знаний; не затрудняется с ответом при видоизменении вопросов; обосновывает принятое решение; владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Отметка **«незачтено»** выставляется обучающемуся, который не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки при изложении индивидуального задания.

Промежуточная аттестация призвана оценить компетенции, сформированные у обучающихся в процессе обучения и обеспечить контроль качества освоения программы. Для контроля результатов освоения обучающимися учебного материала по программе конкретной дисциплины, проверка и оценка знаний, полученных за семестр (курс), развития творческого мышления, приобретения навыков самостоятельной работы, умения применять теоретические знания при решении практических задач, оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированных компетенций обучающихся предусматривается экзамен.

Экзамен может быть проведен в устной форме, в форме письменной работы или тестирования. Экзамены оцениваются по четырехбалльной системе: **«отлично»**, **«хорошо»**, **«удовлетворительно»**, **«неудовлетворительно»**.

Отметка **«отлично»** выставляется обучающемуся, если он усвоил материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении вопросов, обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Отметка **«хорошо»** выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Отметка **«удовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

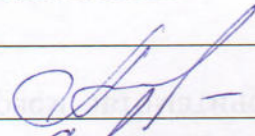

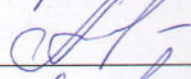



Отметка **«неудовлетворительно»** выставляется обучающемуся, который не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

Примеры экзаменационных билетов

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА		
Кафедра энергетики и электротехнологии		
2016/2017 учебный год		
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №		1
по дисциплине «Тепломассообмен»		
<p>1. Способы теплообмена. Основные понятия теплообмена.</p> <p>2. Особенности теплообмена кипящей жидкости в трубках.</p> <p>3. Определить, сколько теплоты передается ежечасно через стенки картера авиадвигателя, если толщина стенок $\delta = 5,5\text{ мм}$, поверхность $F = 0,6\text{ м}^2$, температура на внутренней поверхности картера $t_{\omega_1} = 75^0$, на наружной $t_{\omega_2} = 68^2\text{ C}$, а средний коэффициент теплопроводности стенок $\lambda = 175\text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$.</p>		
Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «1» июня 2017 г. Пр. № 12		
Зав. каф.		Ниязов А.М.

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА		
Кафедра энергетики и электротехнологии		
2016/2017 учебный год		
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №		1
по дисциплине «Тепломассообмен»		
<p>1. Температурное поле, градиент температуры, тепловой поток, плотность теплового потока.</p> <p>2. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов.</p> <p>3. Определить толщину тепловой изоляции δ, выполненной из: 1) альфоля и 2) шлаковой ваты. Удельные потери теплоты через изоляционный слой $q = 523\text{ Вт}/\text{м}^2$, температуры его поверхностей $t_{\omega_1} = 700^0$ и $t_{\omega_2} = 40^0\text{ C}$. Коэффициент теплопроводности альфоля при толщине воздушных слоев 10 мм $\lambda = 0,0302 + 0,000085t$ и коэффициент теплопроводности шлаковой ваты $\lambda = 0,058 + 0,000145t$.</p>		
Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «1» июня 2017 г. Пр. № 12		
Зав. каф.		Ниязов А.М.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ²

Номер изменения	Номер измененного листа	Дата внесения изменения и номер протокола	Подпись ответственного за внесение изменений
1	8-33; 36; 38; 39; 44-47	№ 2 от 14.09.2016г.	
2	8-11; 17; 44-47	№ 2 от 22.09.2017г.	
3	21-25; 30-33; 44-47	№ 13 от 23.04.2018г.	
4	2-11; 16-19; 21-33; 44-47	№ 9 от 26.06.2019г.	
5	21, 30, 44 ÷ 47	№ 11 от 26.06.2020г.	
6	44 - 47	№ 15 от 20.11.2020г.	
7.	44-47	№ 1 от 31.08.21	