Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Кафедра «Тепловые энергетические установки»

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор
_____ И.В. Макурин
«25» 01 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины «Теория тепло- и массообмена»

основной профессиональной образовательной программы
подготовки бакалавров по направлению
13.03.01«Теплоэнергетика и теплотехника»
профиль«Тепловые электрические станции»

Форма обучения Очная
Технология обучения Традиционная

Комсомольск-на-Амуре 2018

Автор рабочей программы _____ А.В. Смирнов
к.т.н., доцент «17» 03 2016 г.

СОГЛАСОВАНО

Директор библиотеки _____ И.А. Романовская
«18» 03 2016 г.

Заведующий выпускающей кафедрой _____ А.В. Смирнов
«Тепловые энергетические установки» «17» 03 2016 г.

Декан факультета энергетики, _____ А.В. Космынин
транспорта и морских технологий «17» 03 2016 г.

Начальник учебно-методического _____ Е.Е. Поздеева
управления «18» 03 2016 г.

Введение

Рабочая программа дисциплины «Теория тепло- и массообмена» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 01.10.2015 № 1081, и основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 13.03.01«Теплоэнергетика и теплотехника».

1 Аннотация дисциплины

<table>
<tr><td>Наименование дисциплины</td><td colspan="8">Теория тепло- и массообмена</td></tr>
<tr><td>Цель дисциплины</td><td colspan="8">Сформировать у студента теоретическую и практическую базу для проведения теплотехнических расчетов теплоэнергетического оборудования в области передачи теплоты</td></tr>
<tr><td>Задачи дисциплины</td><td colspan="8">В результате изучения дисциплины студент должен:
знать: виды теплообмена и принципы распространения теплоты, законы, описывающие различные виды теплообмена, способы и методики расчета процессов теплообмена, принципы массообмена, общие сведения о теплообменных аппаратах;
владеть навыками: выполнения расчетов процессов теплопроводности, конвективного теплообмена и излучения.</td></tr>
<tr><td>Основные разделы дисциплины</td><td colspan="8">Теплообмен. Основные понятия и определения.
Теплопроводность.
Теплопроводность в стенках.
Конвективный теплообмен, основные понятия и определения.
Основы теории подобия.
Теплопередача через стенки.
Теплоотдача при вынужденном течении теплоносителя.
Теплоотдача при свободной конвекции.
Теплоотдача при поперечном обтекании труб.
Теплоотдача при фазовых превращениях.
Теплообмен излучением.
Массообмен.
Теплообменные аппараты.
Основы рационального использования энергии и энергоресурсов</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Общая трудоемкость дисциплины</td><td colspan="8">5 з.е. / 180 академических часов</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Семестр</td><td colspan="4">Аудиторная нагрузка, ч</td><td rowspan="2">СРС, ч</td><td rowspan="2">Промежуточная аттестация, ч</td><td rowspan="2">Всего за семестр, ч</td></tr>
<tr><td>Лекции</td><td>Пр. занятия</td><td>Лаб. работы</td><td>Курсовое проектирование</td></tr>
<tr><td>6 семестр</td><td>51</td><td>34</td><td>17</td><td>-</td><td>78</td><td>-</td><td>180</td></tr>
<tr><td colspan="2">ИТОГО:</td><td>51</td><td>34</td><td>17</td><td>-</td><td>78</td><td>-</td><td>180</td></tr>
</table>

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине модулю) (, соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Дисциплина «Теория тепло- и массообмена» нацелена на формирование компетенций, знаний, умений и навыков, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, знания, умения, навыки

Наименование и шифр компетенции, в формировании которой принимает участие дисциплина	Перечень формируемых знаний, умений, навыков, предусмотренных образовательной программой		
	Перечень знаний (с указанием шифра)	Перечень умений (с указанием шифра)	Перечень навыков (с указанием шифра)
Способность 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 (ОПК-2)	З-1 (ОПК-2-6): виды теплообмена и принципы распространения теплоты, законы, описывающие различные виды теплообмена, способы и методики расчета процессов теплообмена, принципы массообмена, общие сведения о теплообменных аппаратах	У-1 (ОПК-2-6): определение параметров процессов теплообмена в различных системах	Н-1 (ОПК-2-6): выполнения расчетов процессов теплопроводности, конвективного теплообмена и излучения

3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина (модуль) «Теория тепло- и массообмена» изучается на 3 курсе в 6 семестре, входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки, сформированные на предыдущих этапах освоения компетенции «Способность 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 (ОПК-2)», в процессе изучения дисциплин «Математика», «Физика», «Химия», «Техническая термодинамика», «Гидрогазодинамика».

Дисциплина «Теория тепло- и массообмена» является основой для успешного прохождения государственной итоговой аттестации на заключительном этапе освоения компетенции ОПК-2.

Входной контроль не проводится.

4 Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	**Всего академических часов**
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	180
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего	
В том числе:	
занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	51
занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	51
Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа, включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	78
Промежуточная аттестация обучающихся	-

5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Раздел 1 ***Теория тепло- и массообмена***					
Тема Введение: *введение в теорию теплообмена; виды теплообмена; основные понятия и определения.*	Лекция	2	Традиционная	ОПК-2	З-1 (ОПК-2-6)
Тема Теплопроводность: *основной закон теплопроводности; закон Фурье; коэффициент теплопроводности и факторы на него влияющие.*	Лекция	4	Традиционная	ОПК-2	З-1 (ОПК-2-6)
Тема Теплопроводность в стенках: *процесс теплопроводности в плоских одно- и многослойных стенках; процесс теплопроводности в цилиндрических одно- и многослойных стенках; теплопроводность тел с внутренним источником теплоты.*	Лекция	6	Традиционная	ОПК-2	З-1 (ОПК-2-6)
Тема Конвективный теплообмен, основные понятия и определения: *конвективный теплообмен; свободное и вынужденное движение; режимы течения жидкости, критерий Рейнольдса; естественная и искусственная турбулентность; вязкий подслой (пограничный слой); дифференциальное уравнение сплошности или неразрывности; закон Ньютона-Рихмана; коэффициент теплоотдачи; локальный и средний коэффициенты теплоотдачи; факторы, влияющие на коэффициент теплоотдачи.*	Лекция	4	Традиционная	ОПК-2	З-1 (ОПК-2-6)
Тема Основы теории подобия:	Лекция	4	Традиционная	ОПК-2	З-1 (ОПК-2-6)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
основы теории подобия физических явлений; подобие процессов конвективного теплообмена; критерии подобия; вычисление коэффициентов теплоотдачи.					
Тема Теплопередача через стенки: *теплопередача между плоской стенкой и жидкостью; теплопередача через плоскую однослойную стенку, коэффициент теплопередачи; теплопередача через плоскую многослойную стенку; теплоотдача между цилиндрической стенкой и жидкостью; теплопередача через одно- и многослойные цилиндрические стенки; термическое сопротивление; условия рационального выбора материала для тепловой изоляции трубопроводов, критический диаметр тепловой изоляции.*	Лекция	6	Традиционная	ОПК-2	З-1 (ОПК-2-6)
Тема Теплоотдача при вынужденном течении теплоносителя: *теплоотдача при обтекании плоской поверхности: гидродинамические условия развития процесса, теплоотдача при ламинарном и турбулентном режимах, тепловой и динамический пограничные слои; теплоотдача при течении жидкости в трубах: гидродинамические условия развития процесса, распределение скоростей при ламинарном и турбулентном режимах, длина гидродинамической стабилизации потока, среднелогарифмический температурный напор, изменение температурного напора вдоль трубы при охлаждении и нагреве жидкости; теплоотдача при турбулентном режиме, эквивалентный диаметр канала, расчет теплоотдачи в изогнутых трубах.*	Лекция	4	Традиционная	ОПК-2	З-1 (ОПК-2-6)
Тема	Лекция	2	Тради-	ОПК-2	З-1 (ОПК-

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Теплоотдача при свободной конвекции: *теплоотдача в неограниченном пространстве, теплоотдача в ограниченном пространстве.*			ционная		2-6)
Тема Теплоотдача при поперечном обтекании труб: *теплоотдача при поперечном обтекании одиночных труб; теплоотдача при поперечном обтекании пучков труб.*	Лекция	2	Традиционная	ОПК-2	З-1 (ОПК-2-6)
Тема Теплоотдача при фазовых превращениях: *особенности теплообмена при кипении и конденсации.*	Лекция	4	Традиционная	ОПК-2	З-1 (ОПК-2-6)
Тема Теплообмен излучением: *тепловое излучение, основные понятия и определения; законы теплового излучения; лучистый теплообмен между телами; защита от теплового излучения, экраны; особенности теплового излучения газов.*	Лекция	4	Традиционная	ОПК-2	З-1 (ОПК-2-6)
Тема Массообмен: *молекулярная и концентрационная диффузия, термодиффузия; поток массы, вектор потока массы; математическое описание процессов массо- и теплообмена.*	Лекция	3	Традиционная	ОПК-2	З-1 (ОПК-2-6)
Тема Теплообменные аппараты: *классификация теплообменных аппаратов; теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов.*	Лекция	4	Традиционная	ОПК-2	З-1 (ОПК-2-6)
Тема Основы рационального использования энергии и энергоресурсов: *применение теплоты в отрасли; охрана окружающей среды; основы энергосбережения; вторичные энергетические ресурсы; основные*	Лекция	2	Традиционная	ОПК-2	З-1 (ОПК-2-6)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
направления экономии энергоресурсов.					
Тема Определение коэффициента конвекции при передаче теплоты через воздушный зазор: *изучение конвективного теплообмена в ограниченном пространстве*	Лабораторная работа	2	Традиционная	ОПК-2	У-1 (ОПК-2-6) Н-1 (ОПК-2-6)
Тема Определение степени черноты материала керамики лабораторной печи: *изучение лучистого теплообмена*	Лабораторная работа	2	Традиционная	ОПК-2	У-1 (ОПК-2-6) Н-1 (ОПК-2-6)
Тема Определение коэффициента теплоотдачи при свободном конвективном теплообмене с поверхности горизонтальной трубы: *изучение процесса свободной конвекции*	Лабораторная работа	2	Традиционная	ОПК-2	У-1 (ОПК-2-6) Н-1 (ОПК-2-6)
Тема Определение теплофизических характеристик твердого тела методом регулярного режима: *изучение процессов нестационарной теплопроводности*	Лабораторная работа	3	Традиционная	ОПК-2	У-1 (ОПК-2-6) Н-1 (ОПК-2-6)
Тема Определение коэффициента теплопроводности твердых тел: *изучение процессов нестационарной теплопроводности*	Лабораторная работа	4	Традиционная	ОПК-2	У-1 (ОПК-2-6) Н-1 (ОПК-2-6)
Тема Исследование конвективного теплообмена при вынужденном течении жидкости внутри трубы: *изучение процессов вынужденной конвекции*	Лабораторная работа	4	Традиционная	ОПК-2	У-1 (ОПК-2-6) Н-1 (ОПК-2-6)
Тема Теплопроводность: *определение плотности теплового потока и температур в стенке.*	Практическое занятие	2	Традиционная	ОПК-2	У-1 (ОПК-2-6) Н-1 (ОПК-2-6)
Тема Теплопередача: *определение плотности теплового потока и температур в стенке.*	Практическое занятие	2	Традиционная	ОПК-2	У-1 (ОПК-2-6) Н-1 (ОПК-2-6)
Тема	Практи-	4	Тради-	ОПК-2	У-1 (ОПК-

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Обтекание плоской поверхности: *определение коэффициента теплоотдачи и величины теплового потока.*	ческое занятие		ционная		2-6) Н-1 (ОПК-2-6)
Тема Движение внутри труб: *определение коэффициента теплоотдачи и величины теплового потока.*	Практическое занятие	2	Традиционная	ОПК-2	У-1 (ОПК-2-6) Н-1 (ОПК-2-6)
Тема Естественная конвекция: *определение коэффициента теплоотдачи и величины теплового потока.*	Практическое занятие	6	Традиционная	ОПК-2	У-1 (ОПК-2-6) Н-1 (ОПК-2-6)
Тема Обтекание труб и пучков труб: *определение коэффициента теплоотдачи и величины теплового потока.*	Практическое занятие	6	Традиционная	ОПК-2	У-1 (ОПК-2-6) Н-1 (ОПК-2-6)
Тема Излучение: *определение плотности потока излучения.*	Практическое занятие	8	Традиционная	ОПК-2	У-1 (ОПК-2-6) Н-1 (ОПК-2-6)
Тема Теплообменные аппараты: *изучение основных принципов расчета теплообменных аппаратов.*	Практическое занятие	4	Традиционная	ОПК-2	У-1 (ОПК-2-6) Н-1 (ОПК-2-6)
Самостоятельная работа обучающихся	Самостоятельная работа обучающихся (изучение теоретических разделов)	13	Чтение основной и дополнительной литературы	ОПК-2	З-1 (ОПК-2-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (подготовка к практи-	17	Просмотр теоретических материалов по теме пред-	ОПК-2	У-1 (ОПК-2-6) Н-1 (ОПК-2-6)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
	ческим занятиям)		стоящего занятия		
	Самостоятельная работа обучающихся (подготовка к лабораторным занятиям)	12	Подготовка отчетов по лабораторным работам и к их защите	ОПК-2	У-1 (ОПК-2-6) Н-1 (ОПК-2-6)
	Самостоятельная работа обучающихся (выполнение курсового проекта)	36	Выполнение КП, его оформление и подготовка к защите	ОПК-2	У-1 (ОПК-2-6) Н-1 (ОПК-2-6)
ИТОГО по разделу 1	Лекции	51	-	-	-
	Лабораторные работы	17	-	-	-
	Практические занятия	34	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	78	-	-	-
	Промежуточная аттестация	-	-	-	-
Промежуточная аттестация по дисциплине		-	Зачет с оценкой	ОПК-2	З-1 (ОПК-2-6)
ИТОГО по дисциплине	Лекции	51	-	-	-
	Лабораторные	17	-	-	-

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
	работы				
	Практические занятия	34	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	78	-	-	-
	Промежуточная аттестация	-	-	-	-
ИТОГО: общая трудоемкость дисциплины 180 часов, в том числе с использованием активных методов обучения - час					

6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся, осваивающих дисциплину «Теория тепло- и массобмена», состоит из следующих компонентов: изучение теоретических разделов дисциплины; подготовка к практическим занятиям; подготовка к лабораторным занятиям; подготовка и оформление курсового проекта.

Для успешного выполнения всех разделов самостоятельной работы учащимся рекомендуется использовать следующее учебно-методическое обеспечение:

1. Определение коэффициента теплоотдачи при свободно-конвективном теплообмене с поверхности горизонтальной трубы / Сост. А.В. Смирнов. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2005. – 8 с.

2. Определение степени черноты материала керамики лабораторной печи. Методические указания к лабораторной работе / Сост. С.А. Скоморовский. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ, 2000. – 7 с.

3. Определение коэффициента конвекции при передаче теплоты через воздушный зазор. Методические указания к лабораторной работе / Сост. А.В. Смирнов. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2005. – 8 с.

4. Исследование конвективного теплообмена при вынужденном течении жидкости (газа) внутри трубы. Методические указания к лабораторной работе /сост. А.В. Смирнов, С.С. Блинков - Комсомольск-на-Амуре: ГОУ ВПО «КнАГТУ», 2011 –12с.

Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы представлен в таблице 4.

Общие рекомендации по организации самостоятельной работы

Время, которым располагает студент для выполнения учебного плана, складывается из двух составляющих: одна из них - это аудиторная работа в вузе по расписанию занятий, другая - внеаудиторная самостоятельная работа. Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются во время учебных занятий по расписанию, на этих же занятиях

преподаватель осуществляет контроль за самостоятельной работой, а также оказывает помощь студентам по правильной организации работы.

Правила оформления студенческих текстовых в РД 013-2016 «Текстовые студенческие работы. Правила оформления» (https://knastu.ru/media/files/page_files/page_425/omk/rd/RD_013-2016_izm.1.pdf)

Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься по 4-5 часов в неделю. Начинать самостоятельные внеаудиторные занятия следует с первых же дней семестра. Первые дни семестра очень важны для того, чтобы включиться в работу, установить определенный порядок, равномерный ритм на весь семестр. Ритм в работе - это ежедневные самостоятельные занятия, желательно в одни и те же часы, при целесообразном чередовании занятий с перерывами для отдыха.

Начиная работу, не нужно стремиться делать вначале самую тяжелую ее часть, надо выбрать что-нибудь среднее по трудности, затем перейти к более трудной работе. И напоследок оставить легкую часть, требующую не столько больших интеллектуальных усилий, сколько определенных моторных действий (построение графиков и т.п.).

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 3 часов работы перерыв - 20-25 минут. Иначе нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Очень существенным фактором, влияющим на повышение умственной работоспособности, являются систематические занятия физической культурой. Организация активного отдыха предусматривает чередование умственной и физической деятельности, что полностью восстанавливает работоспособность человека.

Таблица 4 –Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Часов в неделю																	Итого по видам работ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Подготовка к практическим занятиям	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**17**
Подготовка к лабораторным занятиям		**2**		**2**		**2**		**2**		**1**		**1**		**1**		**1**		**12**
Изучение теоретических разделов дисциплины	**3**		**2**		**2**		**2**		**2**		**2**							**13**
Подготовка, оформление и защита курсового проекта		**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**2**	**2**	**3**	**2**	**3**	**4**	**3**	**4**	**3**	**4**	**36**
ИТОГО в 6 семестре	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**78**

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

Таблица 5 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Теория тепло- и массообмена	ОПК-2	Опорный конспект лекций	- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала); - логическое построение и связность текста; - полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей); - визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки); - оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).
	ОПК-2	Собеседование	- глубина, прочность, систематичность знаний; - адекватность применяемых знаний ситуации; - рациональность используемых подходов; - степень проявления необходимых профессионально значимых личностных качеств; - степень значимости определенных ценностей; - проявленное отношение к определенным объектам, ситуациям; - умение поддерживать и активизировать беседу, корректное поведение.
	ОПК-2	Задачи практических занятий	- способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; - установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.
	ОПК-2	Лабораторные работы	- соответствие отчета предъявляемым требованиям; -правильность и аккуратность написания отчета; - способность делать обоснованные выводы на основе экспериментальных данных; - степень точности ответов на контрольные вопросы, - установление причинно-следственных связей, выявленных зависимостей.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
	ОПК-2	Курсовой проект	- соответствие предполагаемым ответам; - правильное использование алгоритма выполнения решения; - логика рассуждений; - неординарность подхода к решению задач.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с оценкой.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 6).

Таблица 6 – Технологическая карта

6 семестр ***Промежуточная аттестация в форме экзамена***				
1	Опорный конспект лекций	В течение семестра	30 баллов	30 баллов - студент полностью подготовил конспект лекций. Аккуратно оформлено графическая и текстовые части конспекта. 24 балла – студент полностью подготовил конспект лекций. Есть замечания к оформлению графической и текстовой частям конспекта. 18 баллов – Конспект не полный (отсутствуют не более 1 лекции). Небрежное оформление конспекта. 12 баллов– В конспекте отсутствуют 2 лекции. Небрежное оформление конспекта. 0 баллов – отсутствует более 2-х лекций.
2	Собеседование (2вопроса)	В течение семестра	30 баллов	30 баллов - студент правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. 24 балла - *с*тудент ответил на теоретические вопросы с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. 18 баллов - студент ответил на теоретические вопросы с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов -при ответе на теоретические вопросы студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний.
3	Задачи практических занятий	В течение семестра	40 баллов	40 баллов- задание по работе выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на контрольные вопросы, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями. 30 баллов- задание по работе выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям 20 баллов- студент правильно выполнил задание к работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий,

				предусмотренных в работе. Студент не может полностью объяснить полученные результаты. 0 баллов - студент не выполнил все задания работы и не может объяснить полученные результаты.
4	Отчеты по лабораторным работам	В течение семестра	40 баллов	40 баллов - студент правильно сделал отчет. Показал отличные владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы на защите. 30 баллов - студент сделал отчет с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов на защите. 20 баллов - Студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено много неточностей. При выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено множество неточностей.
5	Курсовой проект	В течение семестра	40 баллов	40 баллов - студент полностью выполнил задание, показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала, контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями. 30 баллов - студент полностью выполнил задание, показал хорошие знания и умения, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, есть недостатки в оформлении контрольной работы. 20 баллов - студент полностью выполнил задание, но допустил существенные неточности, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления контрольной работы имеет недостаточный уровень. 0 баллов - студент не полностью выполнил задание, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений, а также неспособен пояснить полученный результат.
ИТОГО:		-	180 баллов	-

Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:

0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для текущей аттестации по дисциплине);

65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);

75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);

85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)

Задания для текущего контроля

Контрольные вопросы для защиты лабораторных работ

Лабораторная работа №1. Определение коэффициента конвекции при передаче теплоты через воздушный зазор:

1. Что называется свободным движением среды?
2. Как происходит теплообмен в ограниченном пространстве?
3. Что такое эквивалентный коэффициент теплопроводности?
4. Что такое коэффициент конвекции?
5. Факторы, влияющие на коэффициент конвекции.
6. Число Грасгофа и его физический смысл.
7. Число Прандтля и его физический смысл.
8. Что принимается за характерный линейный размер и характерную температуру при вычислении чисел Gr и Pr ?
9. Как в зависимости от произведения чисел $(Gr \cdot Pr)$ меняется коэффициент конвекции?
10. Расскажите о ходе выполнения лабораторной работы.
11. Как рассчитывается коэффициент конвекции?

Лабораторная работа №2. Определение степени черноты материала керамики лабораторной печи: изучение лучистого теплообмена:

1. Сформулируйте закон Планка.
2. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана.
3. На что влияет степень черноты.

Лабораторная работа №3. Определение коэффициента теплоотдачи при свободном конвективном теплообмене с поверхности горизонтальной трубы:

1. Что называется теплоотдачей?
2. Какие процессы входят в конвективный теплообмен?
3. Что такое свободная и вынужденная конвекция?
4. Сформулируйте закон Ньютона-Рихмана.
5. Что называется коэффициентом теплоотдачи?
6. От каких параметров зависит коэффициент теплоотдачи?
7. Для чего применяется теория подобия?
8. Что такое критерии подобия?
9. Числа Грасгофа, Прандтля, Нуссельта и их физический смысл?
10. Назовите условия подобия для моделей со свободно-конвективным теплообменом.
11. Расскажите о методике опытного определения коэффициента теплоотдачи?
12. Чем отличаются первый и второй способы определения α ?

Лабораторная работа №4. Определение теплофизических характеристик твердого тела методом регулярного режима:

1. Какие тела называют термически тонкими?
2. Отношением каких термических сопротивлений является число Bi?

Лабораторная работа №5. Определение коэффициента теплопроводности твердых тел:

1. Дайте определение понятию коэффициент теплопроводности?
2. Что такое регулярный режим?
3. Что такое темп охлаждения?

4. Как определить темп охлаждения с помощью графика?

Лабораторная работа №6. Исследование конвективного теплообмена при вынужденном течении жидкости внутри трубы:

1) Объясните процесс теплоотдачи при вынужденной течении жидкости.

2) Дайте определение коэффициента теплоотдачи.

3) Что называют локальным и средним коэффициентами теплоотдачи?

4) Что такое среднелогарифмический температурный напор и при каких условиях его можно заменить среднеарифметическим?

5) Покажите графически, как изменяется температурный напор вдоль трубы при постоянной температуре стенки и при нагревании жидкости.

6) При каких условиях подобны стационарные процессы конвективного теплообмена при вынужденном движении теплоносителя?

7) Объясните понятие теплового подобия?

8) Назовите три теоремы подобия.

9) Что определяют числа Рейнольдса, Прандтля и Нуссельта?

10) В чем необходимость представления результатов эксперимента через критерии Нуссельта и Рейнольдса?

Вопросы для собеседования

Глава 1. Введение. Теплопроводность

1. Виды теплообмена
2. Основные положения теплопроводности (температурное поле, температурный градиент)
3. Закон Фурье. Плотность теплового потока
4. Коэффициент теплопроводности
5. Вывод дифференциального уравнения теплопроводности
6. Физический смысл дифференциального уравнения теплопроводности. Условия однозначности
7. Частные случаи дифференциального уравнения теплопроводности

Глава 2. Отдельные задачи теплопроводности при стационарном режиме

8. Теплопроводность через плоскую стенку при граничных условиях первого рода
9. Теплопроводность многослойной плоской стенки при граничных условиях первого рода
10. Теплопроводность через цилиндрическую стенку при граничных условиях первого рода
11. Теплопроводность через плоскую стенку при граничных условиях третьего рода
12. Теплопроводность через цилиндрическую стенку при граничных условиях третьего рода
13. Критический диаметр изоляции
14. Пути интенсификации теплопередачи

Глава 3. Теплопроводность при нестационарном режиме

15. Теплопроводность при нестационарном режиме. Аналитический путь решения задачи
16. Характер изменения безразмерной температуры по толщине пластины для различных Bi
17. Регулярный тепловой режим

Глава 4. Конвективный теплообмен

18. Основные понятия и определения конвективного теплообмена. Закон конвективного теплообмена
19. Характер обтекания горизонтальной пластины и изменения α

20. Дифференциальное уравнение энергии
21. Дифференциальное уравнение движения (уравнение Навье-Стокса)
22. Дифференциальное уравнение сплошности
23. Дифференциальное уравнение теплоотдачи. Краевые условия
24. Применение теории подобия в конвективном теплообмене
25. Критерии (числа) подобия
26. Основные положения теории подобия (теоремы)

Глава 5. Теплоотдача в жидкостях и газах

27. Теплоотдача при вынужденном движении вдоль пластины и в трубах
28. Теплоотдача при поперечном обтекании труб и пучков труб
29. Теплоотдача при свободном движении жидкости в неограниченных пространствах
30. Теплоотдача при свободном движении жидкости в ограниченных пространствах

Глава 6. Теплообмен при фазовых переходах

31. Общие представления о процессе кипения
32. Кризисы кипения
33. Особенности кипения жидкости, движущейся внутри труб
34. Теплообмен при пузырьковом кипении
35. Теплообмен при пленочном кипении
36. Общие представления о процессе конденсации
37. Теплоотдача при пленочной конденсации
38. Теплоотдача при конденсации пара в трубах
39. Теплоотдача при капельной конденсации

Глава 7. Лучистый теплообмен

40. Основные понятия и определения лучистого теплообмена
41. Законы Планка и Вина для лучистого теплообмена
42. Закон Стефана-Больцмана
43. Законы Кирхгофа и Ламберта
44. Теплообмен излучением системы тел в прозрачной среде
45. Сложный теплообмен

Глава 8. Теплообменные аппараты

46. Классификация теплообменных аппаратов
47. Уравнения теплового расчета теплообменников
48. Схемы движения теплоносителей и среднеинтегральная разность температур
49. Виды теплового расчета теплообменников и их последовательность
50. Пример расчета теплообменника (постановка задачи и последовательность)
51 .Тепловой расчет регенеративных теплообменных аппаратов
52. Коэффициент теплопередачи в регенеративных теплообменниках

Характеристика курсового проекта

Цели и задачи курсового проекта. При выполнении курсового проекта студенты закрепляют теоретические знания, полученные при изучении дисциплины, получают практические навыки по выполнению теплового, конструктивного и гидравлического расчетов теплообменных аппаратов.

В период выполнения курсового проекта студенты глубже изучают основную и специальную литературу по тепломассобмену, по компоновкам теплообменных аппаратов и по основным видам их расчета.

Тематика курсового проекта предполагает получение студентами практических навыков по выполнению проектировочных расчетов теплообменного оборудования тепловых электрических станций: регенеративных подогревателей низкого и высокого давле-

ния, сетевых подогревателей, экономайзеров, испарителей, пароперегревателей, воздухоподогревателей паровых котлов, конденсаторов пара, подогревателей топлива, охладителей масла и др.

Содержание курсового проекта. Курсовой проекта состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка должна содержать задание на курсовой проект, введение, основную часть с необходимыми обоснованиями и расчетами, оговоренными в задании, заключение и список использованных источников. Конкретное содержание проекта определяется заданием, пример которого приведен ниже.

*Требования к оформлению курсового проекта***.** Пояснительную записку выполняют на стандартных листах формата А4 и представляют к защите в сброшюрованном виде. Оформление пояснительной записки и графической части проекта должно соответствовать действующим требованиям. Примерный объем пояснительной записки 20–30 с.

Записку разбивают на разделы и подразделы, название которых должно соответствовать их основному содержанию. Все записи делают на одной стороне листа.

Основные формулы, приведенные в записке, должны быть пронумерованы и иметь ссылки. Все величины, условные символы и обозначения в формулах необходимо пояснять. При многократной повторяемости расчетов их целесообразно оформлять в виде таблиц с обязательным указанием единиц физических величин.

Графическую часть выполняют на чертежных листах стандартных форматов А1. Содержание графической части приведено в бланке задания на курсовой проект.

Пример задания на курсовой проект

Исходные данные:

Назначение теплообменника _____

Расход и параметры греющей среды:

- массовый расход _____
- энтальпия (температура) на входе _____
- энтальпия (температура) на выходе _____
- давление на входе _____

Расход и параметры нагреваемой среды:

- массовый расход _____
- энтальпия (температура) на входе _____
- энтальпия (температура) на выходе _____
- давление на входе _____

Перечень подлежащих разработке вопросов в расчетно-пояснительной записке:

1 Выбор и обоснование конструктивного типа теплообменника

2 Тепловой расчет теплообменного аппарата

2.1 Определение количества передаваемой теплоты и других недостающих параметров.

2.2 Выбор конструктивных параметров (диаметров труб, патрубков, шагов в трубном пучке; числа ходов теплоносителей и др.).

2.3 Расчет среднелогарифмической разности температур.

2.4 Расчет коэффициентов теплоотдачи и коэффициента теплопередачи.

2.5 Определение теплопередающей поверхности.

3 Конструктивный расчет

3.1 Компоновка теплообменника.

3.2 Определение конструктивных параметров и размеров (числа трубок, змеевиков, спиралей, секций, пластин и т.п.; длин трубок, змеевиков, спиралей и т.п.; жи-

вых сечений для прохода теплоносителей; габаритных размеров рабочей поверхности и корпуса теплообменника).

3.3 Расчет действительных скоростей теплоносителей (при необходимости выполняется тепловой и конструктивный расчеты во втором приближении).

4 Гидравлический расчет

4.1 Определение общего сопротивления каждого теплоносителя (сопротивление трения, местные сопротивления, тепловое сопротивление).

4.2 Расчет затрат энергии на перемещение теплоносителей в аппарате.

Заключение

Выводы, основные параметры и характеристики спроектированного теплообменника.

Список использованных источников

(Ссылки на используемые литературные источники обязательны по всему содержанию пояснительной записки).

Перечень графического материала:

1 лист формата А1- конструктивная схема теплообменника (продольный и поперечный разрезы, эскизы элементов аппарата).

8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

8.1 Основная литература

1. Космынин А.В., Виноградов В.С. Теплотехника. Учебное пособие. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2003. – 114 с.

2. Техническая термодинамика и теплопередача в примерах и задачах / В.С. Виноградов, А.В. Космынин, А.Ю. Попов. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2006.– 333 с.

3. Юдаев Б.Н. Техническая термодинамика. Теплопередача.– М.: Высшая школа, 1988.– 479 с.

4. Теплотехника. Учебник для студентов вузов / Под общ. ред. В.И.Крутова.– М.: Машиностроение, 1986.– 432 с.

5. Лариков Н.Н. Теплотехника. Учебник для втузов.– М.: Стройиздат, 1985.– 432 с.

8.2 Дополнительная литература

1. Михеев, М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.Н. Михеева. - М.: ВШ, 1973. - 343 с.

2. Мухачев Г.А., Щукин В.К. Термодинамика и теплопередача.- М.: Высшая школа, 1991.– 480 с.

3. Теплотехника: Учебник для втузов / Под общ. ред. А.П. Баскакова.– М.: Энергоиздат, 1982.– 263 с.

4. Зубарев В.Н. и др. Практикум по технической термодинамике. Учебное пособие для втузов.– М.: Энергоатомиздат, 1986.– 304 с.

5. Андрющенко А.И. Основы термодинамики циклов теплоэнергетических установок.- М.: Высшая школа, 1968.

6. Андрющенко А.И. Основы технической термодинамики реальных процессов.- М.: Высшая школа, 1967.

7. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: Учебное пособие для втузов.– М.: Высшая школа, 1980.

8. Болгарский А.В. и др. Сборник задач по термодинамике и теплопередаче.- М.: Высшая школа, 1972.

9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)

https://knastu.ru/page/538, http://elibrary.ru/defaultx.asp, http://znanium.com.

10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

При изучении дисциплины предусмотрены все виды учебных занятий (лекции, практические и лабораторные занятия) и самостоятельные виды работ.

На лекциях необходимо составлять конспект, а предварительно повторить предыдущие темы.

На практических занятиях необходимо использовать лекционные записи, справочные материалы.

На лабораторных занятиях необходимо тщательно готовиться к проведению работы, а также своевременно и внимательно обрабатывать результаты эксперимента.

При выполнении курсового проекта необходимо использовать лекционные материалы, справочники. Особенно важно посещать консультации преподавателя, где рассматриваются проблемные вопросы.

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

В процессе изучения дисциплины могут использоваться следующие программные продукты: Microsoft Office (для оформления лабораторных и самостоятельных видов работ), SMath (для проведения расчетов).

С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу https://knastu.ru/students. Созданная информационно-образовательная среда позволяет осуществлять взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения практических заданий.

12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для реализации программы дисциплины «Теория тепло- и массообмена» используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование	Назначение оборудования
	Учебный кабинет	Проектор	Представление лекционного материала
128/2	Лаборатория теплотехники	Лабораторные стенды	Проведение лабораторных работ
131/2	Лаборатория тепловых энергетических установок	Лабораторные стенды	Проведение лабораторных работ

Лист регистрации изменений к РПД

№ п/п	Содержание изменения / основание / дата внесения изменения	Количество страниц РПД	Подпись автора РПД
1	*Изменение КУГ - изменения в Учебный план и календарный учебный график, одобренные Ученым советом, протокол № 6 от 01.09.2017, 5 сентября 2017 г.*	*10 страниц с указанием часов*	
2	*Изменение наименования вуза на 1 листе - от 17.11.2017 № 467-«О» «О внесении изменений в реквизиты бланков документов университета», 16 января 2018 г.*	*1 - титульный лист*	