



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Тепломассообмен

направление подготовки/специальность 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Энергообеспечение  
предприятий

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2023

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

формирование у студентов понимания физической сущности процессов тепло- и массообмена, протекающих в природе и технологических установках; и освоение обучающимися теоретических, экспериментальных и расчетных методов, используемых при изучении этих процессов.

изучение основных положений теории тепломассообмена; овладение современными инженерными методами расчета тепломассообменных процессов, аппаратов и установок.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ОПК-3.1 Демонстрирует понимание основных законов движения жидкости и газа	<b>знает</b> основные законы движения жидкости и газа <b>умеет</b> демонстрировать понимание основных законов движения жидкости и газа <b>владеет</b> способностью демонстрировать понимание основных законов движения жидкости и газа
ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ОПК-3.3 Использует знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем	<b>знает</b> теплофизические свойства рабочих тел <b>умеет</b> использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем <b>владеет</b> методами расчетов теплотехнических установок и систем с использованием знания теплофизических свойств рабочих тел
ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ОПК-3.6 Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы	<b>знает</b> основные законы и способы переноса теплоты и массы <b>умеет</b> демонстрировать понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы <b>владеет</b> способностью демонстрировать понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы

ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ОПК-3.7 Применяет знания основ теплообмена в теплотехнических установках	<b>знает</b> основы теплообмена в теплотехнических установках <b>умеет</b> применять знания основ теплообмена в теплотехнических установках <b>владеет</b> способностью применять знания основ теплообмена в теплотехнических установках
--	--	---

### 3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.О.23 основной профессиональной образовательной программы 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника и относится к обязательной части учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Высшая математика	ОПК-2.1, УК-2.1, УК-2.3, УК-2.4
2	Гидрогазодинамика	ОПК-3.1, ОПК-3.2
3	Теплофизика и энергосбережение	ПК-1.2, ПК-1.3
4	Физика	ОПК-2.2, УК-1.1, УК-1.2, УК-2.4

Высшая математика:  
дифференциальные и интегральные исчисления.

Гидрогазодинамика:  
режимы течения жидкостей и газов.

Теплофизика и энергосбережение:  
теплопроводность и влажностный режим ограждения;  
стационарная теплопередача через ограждения.

Физика:  
явления переноса;  
законы теплового излучения.

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Отопление	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
2	Тепловые пункты	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
3	Теплообменное оборудование предприятий	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-2.3
4	Источники и системы теплоснабжения	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
5	Нагнетатели и тепловые двигатели	ПК-2.1, ПК-3.1
6	Кондиционирование воздуха и холодоснабжение	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3
7	Энергосбережение в теплотехнике и теплотехнологии	ПК-1.1, ПК-1.4, ПК-2.3

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

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр	
			4	5
<b>Контактная работа</b>	128		64	64
Лекционные занятия (Лек)	64	0	32	32
Лабораторные занятия (Лаб)	16	0		16
Практические занятия (Пр)	48	0	32	16
<b>Иная контактная работа, в том числе:</b>	1,05			1,05
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)	0,4			0,4
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))	0,4			0,4
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача	0,25			0,25
<b>Часы на контроль</b>	30,75		4	26,75
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	128,2		76	52,2
<b>Общая трудоемкость дисциплины (модуля)</b>				
<b>часы:</b>	288		144	144
<b>зачетные единицы:</b>	8		4	4

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

**5.1. Тематический план дисциплины (модуля)**

№	Разделы дисциплины	Семестр	Контактная работа (по учебным занятиям), час.						СР	Всего, час.	Код индикатора достижения компетенции
			лекции		ПЗ		ЛР				
			всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку			
1.	1 раздел. Теплопроводность при стационарном режиме										
1.1.	Основные положения учения о тепломассообмене. Теплопроводность	4	2		2			4	8	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	
1.2.	Теплопроводность при стационарном режиме и граничные условия первого рода	4	2		3			4	9	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	
1.3.	Теплопроводность при стационарном режиме и граничные условия второго рода	4	2		3			4	9	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	
2.	2 раздел. Конвективный теплообмен										
2.1.	Общие понятия и основные теории конвективного теплообмена	4	1					2	3	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	
2.2.	Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена	4	1		1			2	4	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	
2.3.	Основы теории подобия	4	6		3			6	15	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	
3.	3 раздел. Теплообмен при вынужденном движении										
3.1.	Теплообмен в жидкостях и газах	4	2		2			6	10	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	
3.2.	Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании трубы и пучка труб	4	2		2			4	8	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	





11.1.	Контрольная работа	5							0,8	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7
12.	12 раздел. Контроль									
12.1.	Экзамен	5							27	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7

### 5.1. Лекции

№ разд	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Основные положения учения о тепломассообмене. Теплопроводность	<p>Основные положения учения о тепломассообмене. Теплопроводность</p> <p>Введение. Значение «тепломассообмена» как базовой дисциплины для изучения таких профилирующих курсов специальности.</p> <p>Общие сведения о процессах переноса теплоты. Понятие о передаче теплоты теплопроводностью. Температурное поле, градиент температур, тепловой поток (закон Фурье). Механизм теплопроводности в твердых телах, жидкостях и газах. Коэффициент теплопроводности, определяющие факторы.</p> <p>Дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье (Фурье-Кирхгофа). Коэффициент температуропроводности и его физический смысл. Краевые условия (условия однозначности), физическое содержание, область применения.</p> <p>Передача теплоты через однородное криволинейное ограждение постоянной толщины (общий случай).</p>
2	Теплопроводность при стационарном режиме и граничные условия первого рода	<p>Теплопроводность при стационарном режиме и граничные условия первого рода</p> <p>Теплопроводность однородной и многослойной плоской стенки.</p> <p>Теплопроводность однородной и многослойной цилиндрической стенки.</p> <p>Теплопроводность шарового слоя.</p> <p>Теплопроводность тел с внутренними источниками теплоты.</p>
3	Теплопроводность при стационарном режиме и граничные условия второго рода	<p>Теплопроводность при стационарном режиме и граничные условия второго рода</p> <p>Коэффициент теплопередачи, общее термическое сопротивление, плотность теплового потока. Поле температур в плоских ограждениях. Графоаналитический метод определения температур в плоских многослойных ограждениях.</p> <p>Передача теплоты через цилиндрические ограждения (однослойные и многослойные). Поле температур в цилиндрических ограждениях.</p> <p>Критический диаметр тепловой изоляции и его практическое значение.</p> <p>Теплоотдача неизолированной и изолированной трубы в полуограниченном массиве. Тепловой поток, поле температур. Метод фиктивного слоя. Область практического применения.</p> <p>Изменение температуры среды, движущейся по трубопроводу.</p> <p>Постановка и теоретическое решение задачи. Область практического применения.</p> <p>Интенсификация процессов теплопередачи. Практическое значение оребрения поверхности. Теплоотдача ребра бесконечной и конечной длины постоянного поперечного сечения. Температурное поле, тепловой поток.</p>



4	Общие понятия и основные теории конвективного теплообмена	Общие понятия и основные теории конвективного теплообмена Общие понятия и основные теории конвективного теплообмена
5	Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена	Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена
6	Основы теории подобия	Основы теории подобия Основы теории подобия. Приведение дифференциальных уравнений конвективного теплообмена и условий однозначности к безразмерному виду. Уравнения подобия. Определяющие параметры. Обобщение опытных данных на основе теории подобия.
7	Теплообмен в жидкостях и газах	Теплообмен в жидкостях и газах Механизм переноса теплоты, характер движения среды, роль пограничного слоя. Аналитическое описание процесса: система дифференциальных уравнений и краевых условий (условий однозначности). Определяющие размер и температура, их роль в решении практических задач. Вынужденная конвекция. Механизм переноса теплоты, характер движения среды, аналитическое описание процесса. Общий вид уравнения подобия вынужденной конвекции. Теплообмен при движении в трубах и каналах, характер течения среды, частный вид уравнения подобия.
8	Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании трубы и пучка труб	Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании трубы и пучка труб Теплообмен при внешнем обтекании труб: одиночной трубы, пучков труб («коридорного», «шахматного»). Характер течения среды, зависимость теплоотдачи от числа Рейнольдса, угла «атаки». Определяющие размер и температура.
9	Теплоотдача при вынужденном движении жидкости вдоль пластины	Теплоотдача при вынужденном движении жидкости вдоль пластины Теплообмен при внешнем обтекании пластины. Характер течения среды, зависимость теплоотдачи от числа Рейнольдса, угла «атаки». Определяющие размер и температура.
10	Теплоотдача при свободном движении жидкости в неограниченном пространстве	Теплоотдача при свободном движении жидкости в неограниченном пространстве Свободная конвекция в неограниченном пространстве. Механизм переноса теплоты, характер движения среды, роль пограничного слоя. Определяющий размер для вертикальных и горизонтальных поверхностей.
11	Теплоотдача при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве	Теплоотдача при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве Свободная конвекция в ограниченном пространстве. Теплопередача через жидкостные прослойки. Эквивалентный коэффициент теплопроводности. Определяющие размер и температура.
12	Общие положения. Основные законы теплового излучения	Общие положения. Основные законы теплового излучения Основные законы теплового излучения: Планка, Вина, Стефана–Больцмана, Кирхгофа, Ламберта. Спектр излучения. Поглощательная, отражательная и пропускательная способности тела. Понятия об абсолютно черном, белом (блестящем) и прозрачном телах. «Серые» тела. Собственное и эффективное излучение.
13	Теплообмен	Тепловое излучение между телами

	излучением между телами	Теплообмен излучением в замкнутой системе, состоящей из «серых» тел: плоскопараллельные поверхности; одно из тел находится в полости другого; произвольно расположенные поверхности. Влияние нетеплоёмких экранов на теплообмен излучением.
14	Излучение паров и газов	Излучение паров и газов Теплообмен между газами и поверхностью твёрдого тела. Закон Бугера. Коэффициент поглощения. Селективный характер поглощения и излучения.
15	Сложный теплообмен	Сложный теплообмен Виды сложного теплообмена. Радиационно-кондуктивный теплообмен. Радиационно-конвективный теплообмен.
16	Теплообмен при кипении	Теплообмен при кипении Механизм кипения, пузырьковое кипение и расчетные формулы для воды. Пленочное кипение и расчетные формулы для воды.
17	Теплообмен при конденсации пара	Теплообмен при конденсации пара Пленочная и капельная конденсация. Вывод расчетных зависимостей для определения теплоотдачи в условиях пленочной конденсации.
19	Общие положения. Основы теплового расчета рекуперативных теплообменных аппаратов	Общие положения. Основы теплового расчета рекуперативных теплообменных аппаратов Общие положения. Основы теплового расчета рекуперативных теплообменных аппаратов
20	Вычисление коэффициента теплопередачи	Вычисление коэффициента теплоотдачи Вычисление коэффициента теплоотдачи
21	Определение среднего температурного напора и конечных температур теплоносителей	Определение среднего температурного напора и конечных температур теплоносителей Определение среднего температурного напора и конечных температур теплоносителей
22	Особенности теплового расчета регенеративных теплообменных аппаратов	Особенности теплового расчета регенеративных теплообменных аппаратов Особенности теплового расчета регенеративных теплообменных аппаратов
23	Особенности теплового расчета смесительных теплообменников	Особенности теплового расчета смесительных теплообменников Особенности теплового расчета смесительных теплообменников
24	Основные положения. Нагрев и охлаждение тел различной формы	Основные положения. Нагрев и охлаждение тел различной формы Основные положения. Нагрев и охлаждение тел различной формы
25	Зависимость распространения теплоты от формы и размеров тела	Зависимость распространения теплоты от формы и размеров тела Зависимость распространения теплоты от формы и размеров тела.
26	Приближенные методы решения задач нестационарной теплопроводности	Приближенные методы решения задач нестационарной теплопроводности Приближенные методы решения задач нестационарной

		теплопроводности.
27	Основные закономерности массообмена. Дифференциальные уравнения тепло- и массообмена	Основные закономерности массообмена. Дифференциальные уравнения тепло- и массообмена Основные закономерности массообмена. Дифференциальные уравнения тепло- и массообмена.
28	Аналогия процессов теплообмена и массообмена. Диффузионные числа подобия	Аналогия процессов теплообмена и массообмена. Диффузионные числа подобия Аналогия процессов теплообмена и массообмена. Диффузионные числа подобия.
29	Совместный процесс тепло- и массопереноса при испарении жидкости	Совместный процесс тепло- и массопереноса при испарении жидкости Совместный процесс тепло- и массопереноса при испарении жидкости.

## 5.2. Практические занятия

№ разд	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
1	Основные положения учения о тепломассообмене. Теплопроводность	Основные положения учения о тепломассообмене. Теплопроводность Теплопроводность при стационарном режиме. Определение теплового потока и плотности теплового потока (закон Фурье). Построение температурной кривой.
2	Теплопроводность при стационарном режиме и граничные условия первого рода	Теплопроводность при стационарном режиме и граничные условия первого рода Определение плотности теплового потока через однородные и многослойные стенки. Температурное поле в однородных и многослойных плоских стенках.
3	Теплопроводность при стационарном режиме и граничные условия второго рода	Теплопроводность при стационарном режиме и граничные условия второго рода Коэффициент теплопередачи. Общее термическое сопротивление. Теплопередача неизолированной и изолированной трубы в полуограниченном пространстве. Интенсификация процессов теплопередачи.
5	Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена	Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена
6	Основы теории подобия	Основы теории подобия Основы теории подобия. Приведение дифференциальных уравнений конвективного теплообмена и условий однозначности к безразмерному виду. Уравнения подобия. Определяющие параметры. Обобщение опытных данных на основе теории подобия.
7	Теплообмен в жидкостях и газах	Теплообмен в жидкостях и газах Определяющие размер и температура, их роль в решении практических задач. Вынужденная конвекция. Механизм переноса теплоты, характер движения среды, аналитическое описание процесса. Общий вид уравнения подобия вынужденной конвекции.

		Теплообмен при движении в трубах и каналах, характер течения среды, частный вид уравнения подобия.
8	Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании трубы и пучка труб	Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании трубы и пучка труб Теплообмен при внешнем обтекании труб: одиночной трубы, пучков труб («коридорного», «шахматного»). Характер течения среды, зависимость теплоотдачи от числа Рейнольдса, угла «атаки». Определяющие размер и температура.
9	Теплоотдача при вынужденном движении жидкости вдоль пластины	Теплоотдача при вынужденном движении жидкости вдоль пластины Теплообмен при внешнем обтекании пластины. Характер течения среды, зависимость теплоотдачи от числа Рейнольдса, угла «атаки». Определяющие размер и температура.
10	Теплоотдача при свободном движении жидкости в неограниченном пространстве	Теплоотдача при свободном движении жидкости в неограниченном пространстве Свободная конвекция в неограниченном пространстве. Теплоотдача у горизонтальных и вертикальных поверхностей.
11	Теплоотдача при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве	Теплоотдача при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве Свободная конвекция в ограниченном пространстве. Теплопередача через жидкостные прослойки. Эквивалентный коэффициент теплопроводности. Определяющие размер и температура.
12	Общие положения. Основные законы теплового излучения	Общие положения. Основные законы теплового излучения Основные законы теплового излучения: Планка, Вина, Стефана–Больцмана, Кирхгофа, Ламберта.
13	Теплообмен излучением между телами	Теплообмен излучением между телами Теплообмен излучением в замкнутой системе, состоящей из «серых» тел: плоскопараллельные поверхности; одно из тел находится в полости другого; произвольно расположенные поверхности. Влияние нетеплоёмких экранов на теплообмен излучением.
14	Излучение паров и газов	Излучение паров и газов Теплообмен между газами и поверхностью твёрдого тела. Закон Бугера. Коэффициент поглощения. Селективный характер поглощения и излучения.
15	Сложный теплообмен	Сложный теплообмен Виды сложного теплообмена. Радиационно-кондуктивный теплообмен. Радиационно-конвективный теплообмен.
16	Теплообмен при кипении	Теплообмен при кипении Механизм кипения, пузырьковое кипение и расчетные формулы для воды. Пленочное кипение и расчетные формулы для воды.
17	Теплообмен при конденсации пара	Теплообмен при конденсации пара Пленочная и капельная конденсация. Вывод расчетных зависимостей для определения теплоотдачи в условиях пленочной конденсации.
19	Общие положения. Основы теплового расчета рекуперативных теплообменных аппаратов	Общие положения. Основы теплового расчета рекуперативных теплообменных аппаратов Основы теплового расчета рекуперативных теплообменных аппаратов.
20	Вычисление	Вычисление коэффициента теплоотдачи

	коэффициента теплопередачи	Вычисление коэффициента теплоотдачи.
21	Определение среднего температурного напора и конечных температур теплоносителей	Определение среднего температурного напора и конечных температур теплоносителей Определение среднего температурного напора и конечных температур теплоносителей
22	Особенности теплового расчета регенеративных теплообменных аппаратов	Особенности теплового расчета регенеративных теплообменных аппаратов Особенности теплового расчета регенеративных теплообменных аппаратов
23	Особенности теплового расчета смесительных теплообменников	Особенности теплового расчета смесительных теплообменников Особенности теплового расчета смесительных теплообменников
24	Основные положения. Нагрев и охлаждение тел различной формы	Основные положения. Нагрев и охлаждение тел различной формы Нагрев и охлаждение тел различной формы.
25	Зависимость распространения теплоты от формы и размеров тела	Зависимость распространения теплоты от формы и размеров тела Зависимость распространения теплоты от формы и размеров тела.
26	Приближенные методы решения задач нестационарной теплопроводности	Приближенные методы решения задач нестационарной теплопроводности Приближенные методы решения задач нестационарной теплопроводности
28	Аналогия процессов теплообмена и массообмена. Диффузионные числа подобия	Аналогия процессов теплообмена и массообмена. Диффузионные числа подобия Аналогия процессов теплообмена и массообмена. Диффузионные числа подобия.
29	Совместный процесс тепло- и массопереноса при испарении жидкости	Совместный процесс тепло- и массопереноса при испарении жидкости Совместный процесс тепло- и массопереноса при испарении жидкости.

### 5.3. Лабораторные работы

№ разд	Наименование раздела и темы лабораторных работ	Наименование и содержание лабораторных работ
24	Основные положения. Нагрев и охлаждение тел различной формы	Основные положения. Нагрев и охлаждение тел различной формы Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала
27	Основные закономерности массообмена. Дифференциальные уравнения тепло- и массообмена	Основные закономерности массообмена. Дифференциальные уравнения тепло- и массообмена Теплоотдача вертикального цилиндра при естественной конвекции. Исследование процессов теплообмена на горизонтальном трубопроводе.

### 5.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
--------	--	-----------------------------------

1	Основные положения учения о теплообмене. Теплопроводность	Основные положения учения о теплообмене. Теплопроводность Проработка теоретического материала. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
2	Теплопроводность при стационарном режиме и граничные условия первого рода	Теплопроводность при стационарном режиме и граничные условия первого рода Проработка теоретического материала. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
3	Теплопроводность при стационарном режиме и граничные условия второго рода	Теплопроводность при стационарном режиме и граничные условия второго рода Проработка теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Тестирование.
4	Общие понятия и основные теории конвективного теплообмена	Общие понятия и основные теории конвективного теплообмена Проработка теоретического материала. Тестирование.
5	Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена	Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена Повторение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
6	Основы теории подобия	Основы теории подобия Повторение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Тестирование.
7	Теплообмен в жидкостях и газах	Теплообмен в жидкостях и газах Повторение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
8	Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании трубы и пучка труб	Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании трубы и пучка труб Повторение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
9	Теплоотдача при вынужденном движении жидкости вдоль пластины	Теплоотдача при вынужденном движении жидкости вдоль пластины Повторение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
10	Теплоотдача при свободном движении жидкости в неограниченном пространстве	Теплоотдача при свободном движении жидкости в неограниченном пространстве Повторение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
11	Теплоотдача при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве	Теплоотдача при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве Повторение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
12	Общие положения. Основные законы теплового излучения	Общие положения. Основные законы теплового излучения Повторение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.

13	Теплообмен излучением между телами	Теплообмен излучением между телами Повторение материала лекций. Подготовка к практическим занятиям. Тестирование.
14	Излучение паров и газов	Излучение паров и газов Повторение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
15	Сложный теплообмен	Сложный теплообмен Повторение материала лекций. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
16	Теплообмен при кипении	Теплообмен при кипении Повторение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Тестирование.
17	Теплообмен при конденсации пара	Теплообмен при конденсации пара Повторение теоретического материала. Подготовка к практическим заданиям. Тестирование.
19	Общие положения. Основы теплового расчета рекуперативных теплообменных аппаратов	Общие положения. Основы теплового расчета рекуперативных теплообменных аппаратов Проработка теоретического материала. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
20	Вычисление коэффициента теплопередачи	Вычисление коэффициента теплоотдачи Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
21	Определение среднего температурного напора и конечных температур теплоносителей	Определение среднего температурного напора и конечных температур теплоносителей Повторение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
22	Особенности теплового расчета регенеративных теплообменных аппаратов	Особенности теплового расчета регенеративных теплообменных аппаратов Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
23	Особенности теплового расчета смесительных теплообменников	Особенности теплового расчета смесительных теплообменников Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
24	Основные положения. Нагрев и охлаждение тел различной формы	Основные положения. Нагрев и охлаждение тел различной формы Подготовка к практическим занятиям и лабораторной работе. Тестирование.
25	Зависимость распространения теплоты от формы и размеров тела	Зависимость распространения теплоты от формы и размеров тела Подготовка к практическим занятиям. Тестирование.
26	Приближенные методы решения задач нестационарной	Приближенные методы решения задач нестационарной теплопроводности Подготовка к практическому занятию.

	теплопроводности	Тестирование.
27	Основные закономерности массообмена. Дифференциальные уравнения тепло- и массообмена	Основные закономерности массообмена. Дифференциальные уравнения тепло- и массообмена Подготовка к лабораторным занятиям. Тестирование.
28	Аналогия процессов теплообмена и массообмена. Диффузионные числа подобия	Аналогия процессов теплообмена и массообмена. Диффузионные числа подобия Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
29	Совместный процесс тепло- и массопереноса при испарении жидкости	Совместный процесс тепло- и массопереноса при испарении жидкости Проработка теоретического материала. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.



## 6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, а также практических и лабораторных занятий, предполагающих закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к практическим и лабораторным занятиям;
- подготовка к текущему контролю успеваемости студентов;
- подготовка к зачету и экзамену.

Залогом успешного освоения этой дисциплины является обязательное посещение лекционных, практических и лабораторных занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На практических занятиях материал, изложенный на лекциях, закрепляется в рамках выполнения практических заданий, решения тестов, реализации индивидуальных заданий и других форм, предусмотренных РПД.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием РПД, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к практическим и лабораторным занятиям.

При подготовке к практическим и лабораторным занятиям и в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники;
- выполнить практические задания в рамках изучаемой темы;
- ответить на контрольные вопросы по теме, используя материалы ФОС, либо групповые индивидуальные задания, подготовленные преподавателем;
- подготовиться к проверочной работе, предусмотренной в контрольных точках;
- подготовиться к промежуточной аттестации.

Итогом изучения дисциплины в 4 семестре является зачет. Зачет проводится по расписанию на последнем практическом занятии. Форма проведения зачета – компьютерное тестирование в moodle. Студенты, не прошедшие аттестацию по графику, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

Итогом изучения дисциплины в 5 семестре является экзамен. Экзамен проводится по расписанию экзаменационной сессии. Форма проведения экзамена – компьютерное тестирование в moodle. Студенты, не прошедшие аттестацию по графику, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

## 7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Основные положения учения о теплообмене. Теплопроводность	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной

			аттестации. Тестирование.
2	Теплопроводность при стационарном режиме и граничные условия первого рода	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
3	Теплопроводность при стационарном режиме и граничные условия второго рода	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
4	Общие понятия и основные теории конвективного теплообмена	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
5	Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
6	Основы теории подобия	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
7	Теплообмен в жидкостях и газах	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной

			аттестации. Тестирование.
8	Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании трубы и пучка труб	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
9	Теплоотдача при вынужденном движении жидкости вдоль пластины	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
10	Теплоотдача при свободном движении жидкости в неограниченном пространстве	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
11	Теплоотдача при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
12	Общие положения. Основные законы теплового излучения	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
13	Теплообмен излучением между телами	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной

			аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
14	Излучение паров и газов	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
15	Сложный теплообмен	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
16	Теплообмен при кипении	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
17	Теплообмен при конденсации пара	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
18	Зачет	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.

19	Общие положения. Основы теплового расчета рекуперативных теплообменных аппаратов	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
20	Вычисление коэффициента теплопередачи	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
21	Определение среднего температурного напора и конечных температур теплоносителей	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
22	Особенности теплового расчета регенеративных теплообменных аппаратов	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
23	Особенности теплового расчета смесительных теплообменников	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
24	Основные положения. Нагрев и охлаждение тел различной формы	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания

			для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
25	Зависимость распространения теплоты от формы и размеров тела	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
26	Приближенные методы решения задач нестационарной теплопроводности	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
27	Основные закономерности массообмена. Дифференциальные уравнения тепло- и массообмена	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
28	Аналогия процессов теплообмена и массообмена. Диффузионные числа подобия	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
29	Совместный процесс тепло- и массопереноса при испарении жидкости	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
30	Контрольная работа	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Тестирование.
31	Экзамен	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7	Теоретические вопросы для проведения промежуточной

			аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тестирование.
--	--	--	--

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Тестовые задания

(для проверки сформированности индикаторов достижения компетенции (ОПК-4.1, ОПК-4.3, ОПК-4.6, ОПК-4.7)

Тестовые задания размещены по адресу: ЭИОС Moodle

(<https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=1987> // кафедра ТГВ /дисциплина Тепломассообмен ТТ)

Комплект задач

(для проверки сформированности индикаторов достижения компетенции (ОПК-4.1, ОПК-4.3, ОПК-4.6, ОПК-4.7)

Комплект задач размещены по адресу: ЭИОС Moodle

(<https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=1987>// кафедра ТГВ /дисциплина Тепломассообмен ТТ)

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

Оценка «отлично» (зачтено)	знания: - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы; - точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; - полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) умения: - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин навыки: - высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации; - применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий; - грамотно обосновывает ход решения задач; - безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач; - творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
-------------------------------	---

<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку; - использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы; - владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач</p> <p>навыки: - самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий; - средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий; - обосновывает ход решения задач без затруднений</p>
<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи</p> <p>навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p>
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине;</p> <p>умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок</p> <p>навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p>

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы



#### 7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Раздел 1. Основные положения учения о теплообмене. Теплопроводность при стационарном режиме

1. В чем заключается явление теплопереноса?
2. Что такое потенциальное поле и градиент температуры?
3. Что означает явление теплопроводности?
4. Как формулируется закон Фурье?
5. Каков физический смысл коэффициента теплопроводности?
6. Что такое коэффициент температуропроводности?
7. Как записывается дифференциальное уравнение теплопроводности?
8. Какие условия называются начальными и граничными условиями I, II, III и IV рода?
9. Как зависит коэффициент теплопроводности от температуры для газов и жидкостей?
10. Как зависит коэффициент теплопроводности от температуры для проводников и диэлектриков?
11. Какой вид имеет дифференциальное уравнение теплопроводности в однослойной плоской стенке?
12. Какой вид имеет дифференциальное уравнение теплопроводности в плоской стенке?
13. Как определяется эквивалентный коэффициент теплопроводности?
14. Как определить плотность теплового потока через многослойную стенку?
15. Что такое коэффициент теплопередачи?
16. Как определить термическое сопротивление?
17. Как найти линейную плотность теплового потока через цилиндрическую стенку?
18. Как определить плотность теплового потока через многослойную цилиндрическую стенку?
19. Что такое критический диаметр цилиндрической стенки?
20. Что такое коэффициент эффективности ребра?
21. Как определить приведенный коэффициент теплоотдачи ребренной стенки?

Раздел 2. Конвективный теплообмен

1. В чем заключается явление конвективного теплообмена?
2. От чего зависит коэффициент конвективного теплообмена?
3. Как записывается закон Ньютона для расчета теплового потока при конвективном теплообмене?
4. Что такое коэффициент температуропроводности?
5. Какие уравнения определяют процесс конвективного теплообмена?
6. Каковы особенности свободной и вынужденной конвекции?
7. Как влияет режим течения на интенсивность процесса теплообмена конвекцией?
8. Какие методы используются для определения коэффициента теплоотдачи конвекцией?
9. Какие безразмерные критерии применяются при исследованиях процессов конвективного теплообмена?
10. Как записывается критерий Нуссельта?
11. Как записывается и что характеризует критерий Рейнольдса?
12. Как записывается критерий Пекле?
13. Как записывается и что характеризует критерий Грасгофа?
14. Как записывается и что характеризует критерий Архимела?
15. Как записывается и что характеризует критерий Эйлера?
16. От каких характеристик зависит число Прандтля для газов?
17. Как влияет температура жидкости на число Прандтля?
18. Как формулируются условия подобия физических процессов?
19. В чем заключается метод размерностей?
20. Как записывается обобщенное критериальное уравнение конвективного теплообмена?
21. Что используют в качестве определяющего размера при рассмотрении процесса теплоотдачи поверхностями различной конфигурации?
22. По какой температуре выбираются параметры набегающего потока?

### Раздел 3. Теплообмен при вынужденном движении

1. Определяющие размер и температура, их роль в решении практических задач при вынужденной конвекции.
2. Вынужденная конвекция. Механизм переноса теплоты, характер движения среды, аналитическое описание процесса.
3. Общий вид уравнения подобия вынужденной конвекции.
4. Теплообмен при движении в трубах и каналах, характер течения среды, частный вид уравнения подобия.
5. Теплообмен при внешнем обтекании тел: одиночной трубы, пучков труб («коридорного», «шахматного»), пластины.
6. Характер течения среды, зависимость теплоотдачи от числа Рейнольдса, угла «атаки».
7. Определяющие размер и температура при обтекании труб.
8. Определяющие и определяемые критерии при вынужденной конвекции.

### Раздел 4. Теплоотдача при свободном движении жидкости

1. Естественная конвекция в неограниченном пространстве.
2. Механизм переноса теплоты, характер движения среды, роль пограничного слоя.
3. Аналитическое описание процесса: система дифференциальных уравнений и краевых условий (условий однозначности).
4. Уравнение подобия (критериальное уравнение) естественной конвекции.
5. Определяющие размер и температура, их роль в решении практических задач при естественной конвекции.
6. Естественная конвекция в ограниченном пространстве.
7. Теплопередача через жидкостные прослойки.
8. Эквивалентный коэффициент теплопроводности.
9. Определяющие и определяемые критерии при естественной конвекции.

### Раздел 5. Теплообмен излучением

1. В чем заключается двойственный характер теплообмена излучением?
2. Что называется абсолютно черным телом?
3. Что считается моделью абсолютно черного тела?
4. Что такое коэффициент температуропроводности?
5. Что называется потоком спектрального излучения?
6. Что называется поверхностной плотностью потока интегрального излучения?
7. Что называется интенсивностью (яркостью) излучения?
8. Что называется угловой плотностью излучения?
9. Что называется изотропным излучением?
10. Что называется диффузным излучением?
11. Как записывается спектральный коэффициент поглощения для серых тел?
12. Как формулируются основные законы излучения абсолютно черного тела: Планка, Стефана – Больцмана, Кирхгофа, Вина, Ламберта, Рэлея – Джинса?
13. Какие методы применяются при расчете теплообмена излучением?
14. В чем заключается метод многократных отражений?
15. В чем заключается алгебраический метод?
16. Что называется элементарным, локальным и средним угловым коэффициентом излучения?
17. В чем заключаются основные принципы определения угловых коэффициентов излучения?
18. Какие особенности теплообмена излучением в газах?
19. Как записывается закон Бугера?
20. Что называется оптической толщиной среды?
21. Что называют обобщенными угловыми коэффициентами?
22. Как записывается уравнение теплообмена излучением между газом и стенками канала?

### Раздел 6. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния вещества

1. Общие представления о процессе кипения.
2. Механизм кипения, пузырьковое кипение и расчетные формулы для воды.
3. Пленочное кипение и расчетные формулы для воды.
4. Первая критическая плотность теплового потока.
5. Вторая критическая плотность теплового потока.
6. Пленочное кипение и расчетные формулы для воды.
7. Основные представления о процессе конденсации.
8. Пленочная и капельная конденсация.
9. Теплоотдача при пленочной конденсации пара.
10. Вывод расчетных зависимостей для определения теплоотдачи в условиях пленочной конденсации.
11. Теплоотдача при конденсации пара в трубах.
12. Теплоотдача при капельной конденсации пара.

#### Раздел 7. Теплообменные аппараты

1. Какие существуют схемы движения теплоносителей в теплообменных аппаратах?
2. Как происходит изменение температур теплоносителей при различных схемах движения теплоносителей?
3. Как определяется температурный напор в теплообменниках?
4. Что называется среднелогарифмической разностью температур теплоносителей?
5. Как определяется коэффициент теплопередачи для разных типов теплообменников?

#### Раздел 8. Нестационарная теплопроводность

1. Описание процесса нестационарной теплопроводности.
2. Метод разделения переменных.
3. Метод источника.
4. Полуограниченное тело с граничными условиями I рода.
5. Полуограниченное тело с граничными условиями III рода.
6. Неограниченная пластина с граничными условиями I рода.
7. Неограниченная пластина с граничными условиями III рода.
8. Неограниченный цилиндр и шар.
9. Температурное поле в телах конечных размеров.
10. Регулярный режим.
11. Нагрев (охлаждение) тел с бесконечно большой теплопроводностью.
12. Нестационарная теплопроводность при изменении агрегатного состояния вещества.
13. Тепловые волны.

#### Раздел 8. Тепломассоперенос

1. Какие различают виды массопереноса?
2. Как формулируется закон Фика?
3. Как записывается уравнение плотности потока массы?
4. Что означает градиент концентрации?
5. Что понимают под терминами «концентрационная диффузия», «термодиффузия» и «бародиффузия»?
6. Как записывается уравнение плотности теплового потока с учетом диффузии?
7. Какое следствие вытекает при анализе дифференциальных уравнений конвективного тепломассообмена?
8. Что называют коэффициентом массоотдачи?
9. Что характеризуют числа подобия Шмидта и Шервуда?
10. Чему аналогичны числа подобия Шмидта и Шервуда?
11. Что характеризуют числа Льюиса-Семенова и Гухмана?
12. В чем заключаются особенности диффузно-конвективного переноса пара в газовой среде?
13. Что такое стефанов поток?
14. Как записывается уравнение переноса влаги в капиллярно-пористых телах?

#### 7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся размещены

по адресу ЭИОС Moodle (<https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=1987>)

#### 7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Курсовые работы (проекты) учебным планом не предусмотрены.

#### 7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета в 4 семестре и форме экзамена в 5 семестре. Зачет проводится в форме компьютерного тестирования в moodle.

Экзамен проводится в форме компьютерного тестирования в moodle. В экзаменационный тест включены теоретические вопросы и практические задания, соответствующие содержанию формируемых компетенций. Продолжительность экзаменационного тестирования 90 минут.

#### 7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
Критерии оценивания	Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы	Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.	Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.	Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка

знания	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-существенные пробелы в знаниях учебного материала;</li> <li>-допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий;</li> <li>-непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-знания теоретического материала;</li> <li>-неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов;</li> <li>-неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала;</li> <li>- знания теоретического материала</li> <li>-способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития;</li> <li>-правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала;</li> <li>-полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий;</li> <li>-способность устанавливать и объяснять связь практики и теории,</li> <li>-логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</li> </ul>
умения	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p>

<p>владение навыками</p>	<p>Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.</p>	<p>Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.</p>	<p>Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.</p>	<p>Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.</p>
--------------------------	--	---	---	--

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

## 8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

### 8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<b><u>Основная литература</u></b>		
1	Мирам А.О., Павленко В.А., ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА. ТЕПЛОМАССОБМЕН, Москва: АСВ, 2017	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938418.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938418.html</a>
2	Васильев А. В., Бахрачева Ю. С., Теплотехника, Волгоград: Волгоградский институт бизнеса, Вузовское образование, 2013	<a href="http://www.iprbookshop.ru/11352.html">http://www.iprbookshop.ru/11352.html</a>
3	Мартыанова А. Ю., Пономарев Н. С., Виртуальный лабораторный практикум по теплотехнике, Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2021	<a href="http://ntb.spbgasu.ru/elib/01265/">http://ntb.spbgasu.ru/elib/01265/</a>
4	Михеев М. А., Михеева И. М., Основы теплопередачи, М.: ИД Бастет, 2010	99
5	Дерюгин В. В., Васильев В. Ф., Уляшева В. М., Тепломассообмен, Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/74378.html">http://www.iprbookshop.ru/74378.html</a>

### Дополнительная литература

1	Уляшева В. М., Дацюк Т. А., Совершенствование методов расчета тепловоздушных процессов на объектах транспортировки газа, СПб., 2011	<a href="https://elibrary.ru/item.asp?id=19646515">https://elibrary.ru/item.asp?id=19646515</a>
2	Васильев В. Ф., Уляшева В. М., Мартыанова А. Ю., Вентиляция: производственные здания, Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2021	<a href="https://www.iprbookshop.ru/119665.html">https://www.iprbookshop.ru/119665.html</a>
1	Дерюгин В. В., Васильев В. Ф., Уляшева В. М., Теплообмен: задания к контрольным работам, СПб., 2015	<a href="http://ntb.spbgasu.ru/elib/00689/">http://ntb.spbgasu.ru/elib/00689/</a>

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Теплообмен ТТ	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=600">https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=600</a>

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	<a href="http://www.spbgasu.ru">www.spbgasu.ru</a>
Российская государственная библиотека	<a href="http://www.rsl.ru">www.rsl.ru</a>
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
Электронно-библиотечная система издательства "Консультант студента"	<a href="https://www.studentlibrary.ru/">https://www.studentlibrary.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart"	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ"	<a href="https://www.biblio-online.ru/">https://www.biblio-online.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронная библиотека Ирбис 64	<a href="http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/">http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/</a>
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/">https://moodle.spbgasu.ru/</a>

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
Виртуальная лаборатория практикума "Теплотехника"	Договор №19 от 27.02.2018 г. с ИП Образцовой Т.Б. Лицензия бессрочная
LibreOffice	Свободно распространяемое

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения
---	---

<p>25. Помещения для самостоятельной работы</p>	<p>Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ.</p>
<p>25. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий</p>	<p>Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.</p>
<p>25. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.</p>



25. Учебная лаборатория Теплогазоснабжения и вентиляции:  
2-я Красноармейская ул. Ауд: 137, 341, 427

Наклонный микроанометр ММН-2400(5)-1.0;  
Наклонный микроанометр ММН;  
Компенсационный микроанометр «Аскания»;  
Кататермометр; Глобтермометр; Психрометр  
«Ассмана»; Барометр; Секундомер;  
Пневмометрическая трубка; Лабораторный стенд  
«Аэродинамические испытания канальных  
вентиляторов RS 125 L»; Координатник;  
Дыммашина – VF-1; Тахометр – ТЧ10-Р;  
Анемометр цифровой; Радиальный вентилятор ЭВ  
3,15; Лабораторный стенд «Испытание  
нагревательных приборов»; Насос «Wilо»; Бак для  
воды; Вентиль D 15; Балансировочный клапан  
MSV-C D15; Пьезометр; Вентилятор радиальный  
ВЦ 4-70; Водяной счетчик СГ-15; Термометр  
цифровой; Мерная ирисовая диафрагма IRIS 160;  
Стенд «Пункты редуцирования газа», «Устройство  
регулятора давления газа»; Стенд «Детали  
проточного водонагревателя»; Стенд  
«Внутридомовое газовое оборудование»; Стенд  
«Внутридомовое газовое оборудование»,  
«Устройство бытовых теплогенераторов»; Стенд  
«Внутридомовое газовое оборудование»,  
«Устройство проточных водонагревателей»; Стенд  
«Внутридомовое газовое оборудование»,  
«Устройство газовых плит»;  
Стенд «Внутридомовое газовое оборудование»,  
«Устройство внутреннего газопровода», Учет  
расхода газа», «Система контроля загазованности в  
помещении»; Стенд «Излучающие горелки»;  
Стенды «Устройство газовых счетчиков»,  
«Устройство излучающей газовой горелки»,  
«Горелки бытовых газовых плит»; Стенд  
«Изоляция стальных газопроводов»  
Стенд «Конденсационный газовый котел Rendamax  
R30»; Стенд «Элементы и детали полиэтиленовых  
газопроводов»  
Макет ШБГУ; Горелка ЕМ-3Е; ШРДГ -10; ВПГ-9;  
Анализатор газа АХТП; Мембранный газовый  
счетчик U-образные манометры; Поплавковый  
ротаметр РС-5; Бытовой счетчик газа;  
Лабораторный стенд «Автономная  
автоматизированная система отопления» ЭЛБ-  
160.015.01; Лабораторный стенд  
«Автоматизированная котельная на жидком и  
газообразном топливе» ЭЛБ- 160.014.01;  
Лабораторный стенд «Приборы учета тепловой  
энергии и теплоносителя» АО «Взлёт»  
Тепловизор testo 890; Тепловизор testo 865;  
Многофункциональный измерительный прибор  
testo 435-4  
Компактный термоанемометр testo 425;  
Термогигрометр для долгосрочной работы testo  
625; Инфракрасный термометр testo 830-T1 с  
лазерным целеуказателем (оптика 10:1);  
Компактный анемометр с крыльчаткой, testo 416;

Тахометр testo 470; Карманный анемометр с крыльчаткой и сенсором влажности, testo 410-2; Дифференциальный манометр testo 512, от 0 до 2 гПа; Газоанализатор testo 310 с принтером; Влагомер древесины и стройматериалов testo 616; Манометр дифференциальный цифровой ДМЦ-01М
---

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.