

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Амурский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной  
работе

                    Лейфа                    А.В. Лейфа

« 1 » сентября 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
«ТЕПЛОМАССОБМЕН»

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль) образовательной программы – Энергообеспечение  
предприятий

Квалификация выпускника – Бакалавр

Год набора – 2023

Форма обучения – Очная

Курс 2,3 Семестр 4,5

Экзамен 4,5 сем

Общая трудоемкость дисциплины 324.0 (академ. час), 9.00 (з.е)

Составитель Е.Ю. Артюшевская, старший преподаватель,

Энергетический факультет

Кафедра энергетики

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.18 № 143

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры энергетики

01.09.2023 г. , протокол № 1

Заведующий кафедрой Савина Н.В. Савина

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Савина Н.В. Савина

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и  
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

« 1 » сентября 2023 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель дисциплины:

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

### Задачи дисциплины:

обеспечение знаний студентов в области передачи теплоты и их закономерностей, создание фундамента для усвоения профилирующих дисциплин специальности. Развитие навыков и умения творческого использования. Элементов теории тепломассообмена при решении конкретных задач.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина "Тепломассообмен" относится к дисциплинам обязательной части образовательной программы.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

### 3.1 Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Теоретическая профессиональная подготовка	ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ИД-6.ОПК-4 Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы ИД-7.ОПК-4 Применяет знания основ тепломассообмена в теплотехнических установках

## 4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9.00 зачетных единицы, 324.0 академических часов.

1 – № п/п

2 – Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация

3 – Семестр

4 – Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)

4.1 – Л (Лекции)

4.2 – Лекции в виде практической подготовки

4.3 – ПЗ (Практические занятия)

4.4 – Практические занятия в виде практической подготовки

4.5 – ЛР (Лабораторные работы)

4.6 – Лабораторные работы в виде практической подготовки

4.7 – ИКР (Иная контактная работа)

4.8 – КТО (Контроль теоретического обучения)

4.9 – КЭ (Контроль на экзамене)

5 – Контроль (в академических часах)

6 – Самостоятельная работа (в академических часах)

7 – Формы текущего контроля успеваемости

1	2	3	4									5	6	7
			4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9			
1	Тема 1 Основные понятия и исходные положения теплообмена	4	6		10								18	Разноуровневые задачи и задания
2	Тема 2 Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения	4	6		6		6						20	Разноуровневые задачи и задания
3	Тема 3 Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена	4	6				6						20	Лабораторная работа
4	Тема 4 Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекание трубы и пучка труб	5	6		6		6		2				18	Разноуровневые задачи и задания
5	Тема 5 Расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции	5	6		6		4						10	Разноуровневые задачи и задания
6	Тема 6 Теплообмен при фазовых превращениях	5	8		8		4						10	Разноуровневые задачи и задания
7	Тема 7 Теплообмен излучением,	5	8		8		2						10	Разноуровневые задачи и задания

	сложный теплообмен												
8	Тема 8 Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов	5	6		6		4					10	Разноуровневые задачи и задания
9	Экзамен	4								0.3	35.7		
10	Экзамен	5								0.3	35.7		
	Итого			52.0		50.0		32.0	2.0	0.0	0.6	71.4	116.0

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Тема 1 Основные понятия и исходные положения теплообмена	Способы тепло- и массопереноса: теплопроводность, конвекция, излучение, диффузия. Феноменологический метод изучения явлений тепло- и массообмена. Определение основных понятий: температурное поле, градиент температуры, тепловой поток, плотность теплового потока. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности газов, жидкостей и твердых тел.
2	Тема 2 Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения	Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Коэффициент теплопроводности, Закон Ньютона-Рихмана. Теплопередача через однослойную и многослойную плоскую и цилиндрическую стенки. Критический диаметр тепловой изоляции. Передача тепла через шаровую стенку. Оребрение поверхности нагрева. Перенос тепла по стержню (ребру). Тепловой поток с поверхности стержня (ребра). Численные методы решения задач стационарной теплопроводности. Температурное поле в процессе охлаждения (нагревания) пластины. Метод Фурье. Безразмерная форма решения задачи о нестационарной теплопроводности пластины. Температурное поле в процессе охлаждения (нагревания) бесконечно длинного цилиндра, шара и некоторых тел конечных размеров. Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров и произвольной формы. Регулярный режим охлаждения. Определение теплофизических свойств материалов методом регулярного режима.
3	Тема 3 Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов	Математическое описание процесса конвективного теплообмена: дифференциальные уравнения энергии, движения, неразрывности. Физические свойства жидкостей и газов, существенные для процесса конвективного теплообмена. Классификация теплоносителей по числу Прандтля. Безразмерный вид математического

	конвективного теплообмена	описания конвективного теплообмена. Безразмерные комплексы. Теория подобия и размерности. Пи – теорема. Пограничный слой. Турбулентность. Рейнольдсовы преобразования дифференциальных уравнений конвективного теплообмена. Турбулентная теплопроводность.
4	Тема 4 Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекание трубы и пучка труб	Теплообмен и сопротивление при ламинарном и турбулентном пограничном слое на пластине. Теплообмен при вынужденном внешнем обтекании трубы и пучка труб. Теплообмен при движении теплоносителей в трубах и каналах. Первое начало термодинамики для течения в трубах. Турбулентное движение в трубах. Формулы Михеева и Петухова. Теплоотдача при тении жидких металлов. Теплообмен при сверхкритическом состоянии жидкостей. Интенсификация конвективного теплообмена при тении теплоносителя в трубах и каналах.
5	Тема 5 Расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции	Теплоотдача при свободном движении жидкости около тел (пластина, труба) находящихся в неограниченном объеме жидкости. Свободная конвекция в ограниченном объеме.
6	Тема 6 Теплообмен при фазовых превращениях	Теплообмен при конденсации пара. Теория Нуссельта. Турбулентное течение пленки конденсата расчет коэффициента теплоотдачи. Теория Нуссельта для пленочной конденсации на горизонтальной трубе. Влияние скорости пара, состояние поверхности, влажности и перегрева пара, примесей воздуха в паре. Теплообмен при конденсации пара в трубах. Теплообмен при кипении жидкостей. Кривая кипения. Пузырьковое и пленочное кипение. Критический радиус пузырька. Скорость роста пузырька. Отрывной диаметр пузырька. Частота отрыва пузырьков. Расчет коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении в большом объеме. Критические тепловые нагрузки при кипении. Теплоотдача при пленочном кипении.
7	Тема 7 Теплообмен излучением, сложный теплообмен	Физическая природа, понятия и законы теплового излучения. Интегральный и спектральные характеристики энергии излучения: поток, плотность потока и интенсивность излучения. Метод многократных отражений и метод полных потоков излучения. Классификация потоков излучения. Лучистый теплообмен между двумя безграничными пластинами, двумя концентрическими сферами и произвольно расположенными телами. Основы методов расчета теплообмена излучение от излучающей и поглощающей среды к поверхностям нагрева теплообменных устройств. Поглощательная способность и степень черноты среды (продуктов

		сгорания). Понятие о методах расчета сложного теплообмена.
8	Тема 8 Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов	Классификация теплообменных аппаратов. Характерные конструктивные схемы теплообменных аппаратов. Основные схемы движения теплоносителей в теплообменниках. Основные положения и уравнения теплового расчета. Средняя разность температур и метод ее вычисления. Температурный напор и его определение для основных схем движения теплоносителей. Сравнение прямотока и противотока. Определение поверхности теплообмена при переменном коэффициенте теплопередачи и переменных теплоемкостях теплоносителей. Вычисление коэффициента теплопередачи для различной формы поверхностей теплообмена. Вычисление конечной температуры теплоносителей. Интенсификация процессов теплопередачи. Особенности в методике теплового расчета регенеративных теплообменников. Затраты напора, обусловленные ускорением потока и преодолением гидростатического давления столба жидкости. Мощность, необходимая для перемещения теплоносителя

## 5.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
Уравнения состояния идеальных газов	
Смесь идеальных газов	
Первый закон термодинамики	
Теплоемкость газов. Энтропия	
Термодинамические процессы	
Второй закон термодинамики	
Водяной пар. Влажный воздух	
Термодинамические циклы	
Теплопроводность	
Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекание трубы и пучка труб	
Расчет коэффициентов теплоотдачи	
Теплообмен при фазовых превращениях	
Тепловое излучение	
Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов	

### 5.3. Лабораторные занятия

Наименование темы	Содержание темы
Определение коэффициента теплопроводности твердых материалов методом пластины	Цель работы: определить теплопроводность фторопласта методом плоского слоя в зависимости от температуры.
Исследование теплоотдачи при естественной конвекции около вертикального цилиндра в атмосфере различных газов	Цель работы: экспериментально определить локальный коэффициент теплоотдачи вдоль вертикальной поверхности, обобщить результаты в виде критериальных зависимостей с последующим сопоставлением с расчетными формулами и оценить влияние различных газовых сред на характер течения в пограничном слое.
Исследование теплоотдачи при вынужденном движении воздуха в трубе	Цель работы: экспериментально определить локальные и средние по длине трубы значения коэффициентов теплоотдачи при вынужденном движении воздуха в трубе при разных скоростях движения и сопоставить результаты опытов с известными критериальными зависимостями.
Исследование теплоотдачи при естественной конвекции около горизонтального цилиндра	Цель работы: экспериментально определить коэффициент теплоотдачи на поверхности горизонтально расположенного цилиндра при естественной конвекции в неограниченном пространстве и сопоставить результаты опытов с расчетными данными.
Исследование теплоотдачи при естественной конвекции около вертикального цилиндра в атмосфере различных газов	Цель работы: экспериментально определить локальный коэффициент теплоотдачи вдоль вертикальной поверхности, обобщить результаты в виде критериальных зависимостей с последующим сопоставлением с расчетными формулами и оценить влияние различных газовых сред на характер течения в пограничном слое.
Определение коэффициента излучения электропроводящих материалов калориметрическим методом	Цель работы: экспериментально определить коэффициент излучения электропроводящего материала в зависимости от температуры.
Исследование работы теплообменного аппарата	Цель работы: с помощью численного эксперимента определить зависимость тепловой мощности теплообменного аппарата от схемы включения, вида теплоносителя, геометрических параметров (диаметры наружной и внутренней труб, длина) и режимных параметров. Определить коэффициент теплопередачи в зависимости от режимных параметров, коэффициент теплоотдачи по одному из теплоносителей методом теплообменника.



## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в академических часах
1	Тема 1 Основные понятия и исходные положения теплообмена	подготовка к практическим и лабораторным занятиям; выполнение курсовой работы;	18
2	Тема 2 Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения	подготовка к практическим и лабораторным занятиям; выполнение курсовой работы;	20
3	Тема 3 Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена	подготовка к практическим и лабораторным занятиям; выполнение курсовой работы;	20
4	Тема 4 Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекание трубы и пучка труб	подготовка к практическим и лабораторным занятиям; выполнение курсовой работы;	18
5	Тема 5 Расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции	подготовка к практическим и лабораторным занятиям; выполнение курсовой работы;	10
6	Тема 6 Теплообмен при фазовых превращениях	подготовка к практическим и лабораторным занятиям; выполнение курсовой работы;	10
7	Тема 7 Теплообмен излучением, сложный теплообмен	подготовка к практическим и лабораторным занятиям; выполнение курсовой работы;	10
8	Тема 8 Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов	подготовка к практическим и лабораторным занятиям; выполнение курсовой работы;	10

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации дисциплины «Теплообмен» используются традиционные и современные образовательные технологии. Из современных образовательных

технологий применяются информационные и компьютерные технологии с привлечением к преподаванию мультимедийной техники, технологии активного обучения, проблемного обучения. Применяются следующие активные и интерактивные формы проведения занятий: проблемные ситуации, компьютерные симуляции, деловые игры и т.д. Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателя: консультации и помощь при выполнении индивидуального задания, консультации по разъяснению материала, вынесенного на самостоятельную проработку, индивидуальную работу студента, в том числе в компьютерном классе ЭФ или в библиотеке.

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, индивидуальные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а так же методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств.

Примерный перечень вопросов к экзамену (4 семестр):

1. Основные понятия и определения теплопередачи (способы переноса тепла, тепловой поток).
2. Температурное поле. Закон Фурье, коэффициент теплопроводности.
3. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
4. Условия однозначности для процессов теплопроводности.
5. Уравнение для стационарной теплопроводности.
6. Теплопроводность плоской стенки.
7. Теплопередача через плоскую стенку.
8. Теплопроводность цилиндрической стенки.
9. Теплопередача через цилиндрической стенку.
10. Теплопроводность и теплопередача через шаровую стенку.
11. Критический диаметр цилиндрической стенки.
12. Тепловая изоляция.
13. Пути интенсификации теплопередачи. Теплопередача через ребристую стенку.
14. Теплопроводность в стержне постоянного сечения.
15. Аналитическое описание нестационарных процессов теплопроводности.
16. Охлаждение неограниченной пластины.
17. Анализ решения Охлаждение неограниченной пластины
18. Определение количества теплоты, отданного пластиной в процессе охлаждения.
19. Зависимость процесса охлаждения (нагрева) от Формы тела.
20. Регулярный режим охлаждения (нагрева) тела.
21. Основные понятия и определения конвективного теплообмена.
22. Основные физические свойства жидкости.
23. Дифференциальные уравнения неразрывности к движения для однородной жидкости,
24. Дифференциальное уравнение теплообмена.
25. Краевые условия, используемые для решения задач конвективного теплообмена.
26. Основные понятия и определения конвективного теплообмена
27. Основные Физические свойства жидкости
28. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена
29. Краевые условия
30. Гидравлический и тепловой пограничные слои
31. Основные положения теории подобия, условия гидродинамического и теплового подобия. Физический смысл основных чисел подобия.
32. Обработка и обобщение результатов опытов.
33. Эмпирические формулы в критериальном виде

Примерный перечень вопросов к экзамену (5 семестр):

1. Теплоотдача при свободном движении жидкости в неограниченном пространстве.
2. Теплообмен при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве.
3. Теплоотдача при вынужденном продольном обтекании плоской поверхности
4. Особенности движения и теплообмена в трубах.
5. Теплоотдача, при ламинарном и турбулентном движении жидкости в горизонтальных трубах.
6. Теплоотдача при течении жидкости в трубах некруглого сечения изогнутых и шероховатых трубах.
7. Теплоотдача при вынужденном поперечном обтекании одиночной трубы.
8. Теплоотдача при поперечном вынужденном обтекании пучков труб. 9. Теплообмен при конденсации чистого пара: основные положения, виды конденсации.
10. Теплоотдача при пленочной конденсации неподвижного газа.
11. Зависимость конденсации от перегрева пара, состояния поверхности, содержания в паре неконденсирующихся газов, скорости и направления течения пара, влияние компоновки поверхности нагрева.
12. Теплоотдача при конденсации пара в трубах.
13. Основные понятия и определения из теории кипения, режимы кипения.
14. Расчет теплоотдачи при пузырьковом кипении в большом объеме,
15. Расчет теплоотдачи при пузырьковом кипении в условиях вынужденной конвекции в трубах.
16. Дифференциальные уравнения тепло- и массообмена.
17. Описание процесса излучением. Основные понятия и определения.
18. Основные законы теплового излучения
19. Теплообмен излучением между телами.
20. Тепловое излучение газов.
21. Классификация теплообменных аппаратов.
22. Основные положения и уравнения теплового расчета рекуперативных теплообменных аппаратов.
23. Расчет конечных температур рабочих жидкостей.
24. Общие сведения о тепловом расчете регенеративных теплообменных аппаратов.
25. Задачи гидромеханического расчета теплообменных аппаратов.
26. Гидравлическое сопротивление элементов теплообменного аппарата.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

а) литература

1. Дерюгин, В. В. Тепломассообмен / В. В. Дерюгин, В. Ф. Васильев, В. М. Уляшева. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 240 с. — ISBN 978-5-507-46436-4. — Текст : электронный // Лань : электронно- библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/310160> (дата обращения: 27.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Горбачев, М. В. Тепломассообмен : учебное пособие / М. В. Горбачев. — Новосибирск : НГТУ, 2015. — 443 с. — ISBN 978-5-7782-2803-0. — Текст : электронный // Лань : электронно- библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118074> (дата обращения: 27.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Тепломассообмен : методические указания к практическим занятиям / составители В. Я. Губарев, А. Г. Арзамасцев. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014. — 18 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/55162.html> (дата обращения: 24.03.2023). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
5. Примеры и задачи по тепломассообмену : учебное пособие / В. С. Логинов, А. В.

Крайнов, В. Е. Юхнов [и др.]. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 256 с. — ISBN 978-5-8114-1132-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: [https:// e.lanbook.com/ book/206057](https://e.lanbook.com/book/206057) (дата обращения: 24.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей

6. Кузеванов, В. С. Тепломассообмен : учебное пособие для вузов / В. С. Кузеванов, Г. С. Закожурникова, С. С. Закожурников ; под редакцией В. С. Кузеванова. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 193 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14882-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/520195> (дата обращения: 27.03.2023).

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	7-Zip	Бесплатное распространение по лицензии GNU LGPL <a href="http://www.7-zip.org/license.txt">http://www.7-zip.org/license.txt</a> .
2	Atom	Бесплатное распространение по лицензии MIT <a href="https://opensource.org/licenses/mit-license.php">https://opensource.org/licenses/mit-license.php</a> .
3	Операционная система Linux	GNU-лицензия (GNU General Public License)

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	<a href="http://www.rushydro.ru/">http://www.rushydro.ru/</a>	Группа «РусГидро» — один из крупнейших российских энергетических холдингов. РусГидро является лидером в производстве энергии на базе возобновляемых источников, развивающим генерацию на основе энергии водных потоков, морских приливов, солнца, ветра и геотермальной энергии.
2	<a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>	Научная электронная библиотека eLibrary.ru
3	<a href="http://drsk.ru">http://drsk.ru</a>	Официальный сайт Акционерное общество "Дальневосточная распределительная сетевая компания"
4	<a href="http://www.fsk-ees.ru/about/standards_organization">http:// www.fsk- ees.ru/about/standards_organization</a>	Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы. Публичное акционерное общество «создано в соответствии с программой реформирования электроэнергетики Российской Федерации как организация по управлению Единой национальной (общероссийской) электрической сетью с целью ее сохранения и развития.

**10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Занятия по дисциплине проводятся в специализированных помещениях, представляющих собой аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и санитарно-эпидемиологическим нормам.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует требованиям ФГОС

ВО по направлению подготовки 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника, направленность (профиль) образовательной программы «Энергообеспечение предприятий».

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства, интерактивная доска. Материал лекций представлен в виде презентаций в Power Point. Для проведения практических занятий и в самостоятельной работе студентов используются технологические схемы, температурные карты, модели процессов. Практические работы проводятся с использованием стационарного и переносного компьютерных классов кафедры энергетики.