

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Забайкальский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Энергетический факультет  
Кафедра Энергетики

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

Энергетический факультет

Батухтин Андрей  
Геннадьевич

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_  
г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.О.20 Тепломассообмен

на 324 часа(ов), 9 зачетных(ые) единиц(ы)

для направления подготовки (специальности) 13.03.01 - Теплоэнергетика и теплотехника

составлена в соответствии с ФГОС ВО, утвержденным приказом  
Министерства образования и науки Российской Федерации от

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г. №\_\_\_

Профиль – Тепловые электрические станции (для набора 2021)  
Форма обучения: Очная

# 1. Организационно-методический раздел

## 1.1 Цели и задачи дисциплины (модуля)

Цель изучения дисциплины:

Цель изучения дисциплины: Целью курса является изучение закономерностей основных процессов переноса тепла и массы, освоение методов решения, экспериментального и математического моделирования при расчете, проектировании и испытаниях теплообменных аппаратов и технологического оборудования тепловых электрических станций и систем теплоснабжения.

Задачи изучения дисциплины:

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

## 1.2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОП

Курс «Теплообмен» является дисциплиной, входящей в обязательную часть блока 1 учебного плана бакалавров направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника. Индекс дисциплины Б1.О.20. Данная дисциплина обеспечивает базовую подготовку студентов в области процессов использования теплоты. Курс предполагает, что студенты получили необходимую подготовку при изучении дисциплин «Высшая математика», «Физика» и «Химия». Знания, приобретенные при освоении дисциплины «Теплообмен», будут использованы при изучении следующих дисциплин «Котельные установки и парогенераторы», «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование ТЭС» и др.

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

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 9 зачетных(ые) единиц(ы), 324 часов.

| Виды занятий                        | Семестр 4 | Семестр 5 | Всего часов |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-------------|
| Общая трудоемкость                  |           |           | 324         |
| Аудиторные занятия, в т.ч.          | 80        | 68        | 148         |
| Лекционные (ЛК)                     | 32        | 17        | 49          |
| Практические (семинарские) (ПЗ, СЗ) | 32        | 17        | 49          |
|                                     |           |           |             |

|  |       |         |     |
|--|-------|---------|-----|
| Лабораторные (ЛР)                          | 16    | 34      | 50  |
| Самостоятельная работа студентов (СРС)     | 100   | 40      | 140 |
| Форма промежуточной аттестации в семестре  | Зачет | Экзамен | 36  |
| Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП) |       |         |     |

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Планируемые результаты освоения образовательной программы |   | Планируемые результаты обучения по дисциплине  |
|---|---|--|
| Код и наименование компетенции                            | Индикаторы достижения компетенции, формируемые в рамках дисциплины                | Дескрипторы: знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности  |
| ОПК-3   | ИД-1 ОПК-3.<br>Демонстрирует понимание основных законов движения жидкости и газа  | Знать: основные законы движения жидкости и газа, их математическую запись и физический смысл составляющих уравнений<br><br>Уметь: записывать уравнения основных законов движения жидкости и газа для различных задач теплообмена<br><br>Владеть: математическим и понятийным аппаратом при записи законов движения жидкости и газа в задачах теплообмена |
| ОПК-3   | ИД-3 ОПК-3.<br>Использует знания теплофизических свойств рабочих тел при расчетах | Знать: теплофизические свойства рабочих тел, используемых при теплотехнических расчетах<br><br>Уметь: определять   |

|       |  |   |
|-------|--|---|
|       | <p>теплотехнических установок и систем</p>   | <p>теплофизические свойства рабочих тел</p> <p>Владеть: умениями и способами вычисления теплофизических свойств, а также навыками анализа влияния теплофизические свойства рабочих тел на результаты расчета тепломассообмена в теплотехнических установках и процессах</p>   |
| ОПК-3 | <p>ИД-6 ОПК-3.<br/>Демонстрирует понимание основных законов и способов передачи теплоты и массы.</p> | <p>Знать: основные законы и способы передачи теплоты и массы, их математическую запись и физический смысл составляющих уравнений</p> <p>Уметь: применять законы передачи теплоты и массы для описания и решения различных задач тепломассообмена</p> <p>Владеть: умениями и навыками составления, решения и анализа уравнений на основе основных законов и способов переноса теплоты и массы</p>  |
| ОПК-3 | <p>ИД-7 ОПК-3.<br/>Применяет знания основ тепломассообмена в теплотехнических установках</p>         | <p>Знать: общепринятые методики расчет температурных полей, тепловых потоков и потоков вещества применительно к задачам расчета тепломассообмена в теплотехнических установках; виды и методы расчета теплообменных аппаратов и других теплотехнических устройств</p> <p>Уметь: производить расчет температурных полей, тепловых потоков и потоков вещества при стационарных и нестационарных</p> |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>режимах, производить расчеты рабочих процессов в теплообменных аппаратах и других теплотехнических устройствах</p> <p>Владеть: навыками практических расчетов различных процессов переноса теплоты и вещества применительно к теплообменным аппаратам и другим теплотехническим устройствам</p> |
|--|--|--|

### 3. Содержание дисциплины

#### 3.1. Разделы дисциплины и виды занятий

##### 3.1 Структура дисциплины для очной формы обучения

| Модуль | Номер раздела | Наименование раздела  | Темы раздела   | Всего часов | Аудиторные занятия |                    |        | С<br>Р<br>С |
|--------|---------------|---|--|-------------|--------------------|--------------------|--------|-------------|
|        |               |   |  |             | Л<br>К             | П<br>З<br>(С<br>З) | Л<br>Р |             |
| 1      | 1.1           | Введение. Основные понятия и определения  | Способы теплообмена. Основные понятия и законы. Теплофизические свойства рабочих тел                           | 16          | 4                  | 2                  | 0      | 10          |
|        | 1.2           |   |  | 0           | 0                  | 0                  | 0      | 0           |
| 2      | 2.1           | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии при стационарном режиме. | 72          | 12                 | 14                 | 12     | 34          |
|        | 2.2           | Дифференциальное уравнение теплопроводности   | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел  | 36          | 6                  | 6                  | 4      | 20          |

|   |     |   |  |    |   |   |   |    |
|---|-----|---|--|----|---|---|---|----|
|   |     | и и его решения для тел различной геометрии.  | различной геометрии при нестационарном режиме.   |    |   |   |   |    |
| 3 | 3.1 | Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена. | Движение жидкости. Конвекция. Механизм тепло-обмена при движении жидкостей. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена. Применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена | 16 | 4 | 2 | 0 | 10 |
|   | 3.2 | Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена. | Применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена   | 18 | 2 | 6 | 0 | 10 |
| 4 | 4.1 | Массообмен: поток массы компонента, диффузия, массоотдача.  | Массообмен: поток массы компонента, диффузия, массоотдача.   | 22 | 4 | 2 | 0 | 16 |
| 5 | 5.1 | Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении жидкостей.   | Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах.  | 20 | 2 | 2 | 8 | 8  |
|   | 5.2 | Теплоотдача и гидравлическое  | Теплоотдача и гидравлическое   | 18 | 2 | 2 | 6 | 8  |

|       |     |   |  |     |    |    |    |     |
|-------|-----|---|--|-----|----|----|----|-----|
|       |     | е<br>сопротивлени<br>е при<br>вынужденном<br>течении<br>жидкостей | сопротивление при<br>вынужденном обтекании<br>пластины, трубы и<br>пучков труб |     |    |    |    |     |
| 6     | 6.1 | Теплоотдача<br>при свободной<br>конвекции                         | Расчет коэффициентов<br>теплоотдачи при<br>свободной конвекции                 | 16  | 2  | 2  | 8  | 4   |
| 7     | 7.1 | Теплообмен<br>при фазовых<br>превращениях                         | Теплообмен при<br>конденсации  | 6   | 2  | 2  | 0  | 2   |
|       | 7.2 | Теплообмен<br>при фазовых<br>превращениях                         | Теплообмен при<br>кипении  | 6   | 2  | 2  | 0  | 2   |
| 8     | 8.1 | Теплообмен<br>излучением  | Основные понятия<br>теплообмена<br>излучением. Законы<br>теплового излучения   | 10  | 2  | 0  | 0  | 8   |
|       | 8.2 | Теплообмен<br>излучением  | Расчет теплообмена<br>излучением.  | 15  | 2  | 3  | 6  | 4   |
| 9     | 9.1 | Теплообменн<br>ые аппараты  | Теплогидравлический<br>расчет теплообменных<br>аппаратов.                      | 17  | 3  | 4  | 6  | 4   |
| Итого |     |   |  | 288 | 49 | 49 | 50 | 140 |

### 3.2. Содержание разделов дисциплины

#### 3.2.1. Лекционные занятия, содержание и объем в часах

| Модуль | Номер<br>раздела | Тема  | Содержание   | Трудоемкость<br>(в часах) |
|--------|------------------|---|--|---------------------------|
| 1      | 1.1              | Введение.<br>Основные<br>понятия и<br>определения | Общие положения передачи теплоты<br>и массы: теплопроводность,<br>конвекция, излучение, диффузия.<br>Физические свойства твердых тел,<br>жидкостей и газов | 2                         |
|        | 1.1              | Введение.<br>Основные<br>понятия и<br>определения | Температурное поле, градиент<br>температуры, тепловой поток,<br>плотность теплового потока.<br>Теплопроводность в твердых телах.                           | 2                         |

|   |     |  |   |   |
|---|-----|--|---|---|
|   |     |  | Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.  |   |
| 2 | 2.1 | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии. | Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Закон Ньютона - Рихмана. Коэффициент теплоотдачи.   | 2 |
|   | 2.1 | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии. | Перенос теплоты в плоской стенке при постоянном и переменном коэффициенте теплопроводности при различных граничных условиях. Многослойная плоская стенка. Эквивалентный коэффициент теплопроводности. | 2 |
|   | 2.1 | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии. | Теплопередача через однослойную и многослойную цилиндрическую стенку. Критический диаметр изоляции.   | 2 |
|   | 2.1 | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии. | Теплопроводность при наличии внутренних источников теплоты (бесконечные пластины, цилиндрические стержень и стенка).  | 2 |
|   | 2.1 | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии. | Способы интенсификации теплопередачи. Перенос теплоты по стержню (ребру). Тепловой поток с поверхности ребра. Теплопередача через ребренную стенку. Коэффициент эффективности ребра                   | 2 |
|   | 2.1 | Дифференциальное уравнение теп   | Теплопроводность в ребрах переменного сечения. Ребро минимальной массы.   | 2 |

|   |     |  |  |   |
|---|-----|--|--|---|
|   |     | лопроводности и его решения для тел различной геометрии.   | Теплопроводность цилиндрических ребер.   |   |
|   | 2.2 | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии.   | Аналитическое описание процесса нестационарной теплопроводности. Охлаждение (нагревание) неограниченной пластины. Безразмерная форма решения задачи. Числа Био и Фурье. Анализ полученного решения при различных числах $Bi$ и $Fo$ . Определение количества теплоты, отдаваемого пластиной в процессе охлаждения. | 2 |
|   | 2.2 | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии.   | Температурное поле в процессе охлаждения (нагревания) бесконечно длинного цилиндра, шара. Количество теплоты, отдаваемое цилиндром и шаром в процессе охлаждения   | 2 |
|   | 2.2 | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии.   | Регулярный режим охлаждения. Теоремы Кондратьева. Определение теплофизических свойств материалов методом регулярного режима.   | 2 |
| 3 | 3.1 | Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена | Конвективный теплообмен в однородной среде. Математическое описание процесса конвективного теплообмена: дифференциальные уравнения энергии, движения, неразрывности. Условия однозначности. Физические свойства жидкостей и газов, существенные для процесса конвективного теплообмена                             | 2 |
|   | 3.1 | Дифференциальные   | Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Особенности   | 2 |

|   |     |  |  |   |
|---|-----|--|--|---|
|   |     | уравнения конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена                  | теплообмена при ламинарном и турбулентном режимах течения. Локальный и средний коэффициенты теплоотдачи.   |   |
|   | 3.2 | Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена | Применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного тепло-обмена. Безразмерный вид математического описания конвективного теплообмена. Безразмерные комплексы, число Рейнольдса, число Грасгофа, число Нуссельта. Теория подобия и метод размерностей. Критериальные уравнения. | 2 |
| 4 | 4.1 | Массообмен: поток массы компонента, диффузия, массоотдача.   | Диффузия. Поток массы компонента. Вектор плотности потока массы. Закон Фика. Коэффициент диффузии. Термо-и бародиффузия. Дифференциальные уравнения совместных процессов массо- и теплообмена.   | 2 |
|   | 4.1 | Массообмен: поток массы компонента, диффузия, массоотдача.   | Диффузионный пограничный слой. Массоотдача около полупроницаемой стенки, поток Стефана. Тепло- и массообмен в парогазовых смесях.  | 2 |
| 5 | 5.1 | Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении жидкостей   | Особенности теплообмена при движении теплоносителей в трубах и каналах. Теплообмен и сопротивление при вынужденном течении в трубах. Вязкостный и вязкостно-гравитационный режимы.   | 2 |
|   | 5.2 | Теплоотдача и гидравлическое   | Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном   | 2 |

|   |     |   |  |   |
|---|-----|---|--|---|
|   |     | е<br>сопротивлени<br>е при<br>вынужденном<br>течении<br>жидкостей | обтекании пластины, трубы и пучков<br>труб   |   |
| 6 | 6.1 | Теплоотдача<br>при свободной<br>конвекции                         | Теплоотдача при свободном<br>движении жидкости около пластины<br>при ламинарном и турбулентном<br>движении. 2 1 Теплообмен при<br>ламинарном и турбулентном режимах<br>около трубы   | 2 |
| 7 | 7.1 | Теплоотдача<br>при свободной<br>конвекции                         | Теплоотдача при свободном<br>движении жидкости около пластины<br>при ламинарном и турбулентном<br>движении. 2 1 Теплообмен при<br>ламинарном и турбулентном режимах<br>около трубы.  | 2 |
|   | 7.2 | Теплообмен<br>при фазовых<br>превращениях                         | Теплообмен при кипении жидкостей.<br>Пленочное и пузырьковое кипение.<br>Критический радиус пузырька.<br>Расчет коэффициента теплоотдачи<br>при пузырьковом кипении в большом<br>объеме. Критические тепловые<br>нагрузки при кипении.   | 2 |
| 8 | 8.1 | Теплообмен<br>излучением  | Физическая природа, понятия и<br>законы теплового излучения.<br>Интегральные и спектральные<br>характеристики энергии излучения:<br>поток, плотность потока,<br>интенсивность излучения  | 2 |
|   | 8.2 | Теплообмен<br>излучением  | Лучистый теплообмен между двумя<br>безграничными пластинами,<br>концентрическими сферами и<br>коаксиальными телами. Теплообмен<br>между телами произвольно<br>расположенными в пространстве,<br>разделенными прозрачной средой.<br>Угловые коэффициенты излучения.<br>Свойства лучистых потоков. | 2 |
| 9 | 9.1 | Теплообменн<br>ые аппараты  | Классификация теплообменных<br>аппаратов. Уравнения теплового<br>баланса и теплопередачи.<br>Температурный напор при различных<br>схемах движения теплоносителей.  | 3 |

|  |  |  |   |  |
|--|--|--|---|--|
|  |  |  | Тепловой расчет рекуперативных теплообменников. |  |
|--|--|--|---|--|

### 3.2.2. Практические занятия, содержание и объем в часах

| Модуль | Номер раздела | Тема   | Содержание  | Трудоемкость (в часах) |
|--------|---------------|--|---|------------------------|
| 1      | 1.1           | Введение. Основные понятия и определения   | Физические свойства твердых тел, жидкостей и газов. Температурное поле, градиент температуры, тепловой поток, плотность теплового потока. 2 -Теплопроводность в твердых телах. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. | 2                      |
| 2      | 2.1           | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии. | Теплопроводность пластины при граничных условиях I рода   | 2                      |
|        | 2.1           | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии. | Теплопроводность пластины при граничных условиях III рода   | 2                      |
|        | 2.1           | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии. | Теплопроводность цилиндрической стенки при граничных условиях I рода.   | 2                      |
|        | 2.1           | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии. | Теплопроводность цилиндрической стенки при граничных условиях III рода  | 2                      |

|   |     |  |   |   |
|---|-----|--|---|---|
|   |     | геометрии.   |   |   |
|   | 2.1 | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии. | Теплопроводность в ребрах.<br>Эффективность ребра.                | 2 |
|   | 2.1 | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии. | Передача теплоты через ребристую плоскую и цилиндрическую стенку. | 2 |
|   | 2.2 | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии. | Нестационарная теплопроводность в пластине                        | 2 |
|   | 2.2 | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии. | Нестационарная теплопроводность в цилиндрическом стержне.         | 2 |
|   | 2.2 | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии. | Нестационарная теплопроводность тел ограниченных размеров.        | 2 |
| 3 | 3.1 | Дифференциальные уравнения конвективного   | Теплофизические свойства жидкостей. Расчет критериальных чисел    | 2 |

|  |     |  |   |    |
|--|-----|--|---|----|
|  |     | теплообмена;<br>применение<br>методов<br>подобия и<br>размерностей<br>к изучению<br>процессов<br>конвективного<br>теплообмена                  |   |    |
|  | 3.2 | Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена | Обработка опытных данных методом теории подобия.                      | 2  |
|  | 3.2 | Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена | Обработка опытных данных методом теории подобия.                      | 2  |
|  | 3.2 | Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного             | Вычисление коэффициента теплоотдачи на основе критериальных уравнений | 23 |

|   |     |  |   |   |
|---|-----|--|---|---|
|   |     | теплообмена  |   |   |
| 4 | 4.1 | Массообмен: поток массы компонента, диффузия, массоотдача.                   | Поток массы. Тепло- и массоперенос в двух-компонентных средах.  | 2 |
| 5 | 5.1 | Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении жидкостей | Теплоотдача при ламинарном и турбулентном движении в трубах.  | 2 |
|   | 5.2 | Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении жидкостей | Теплоотдача при вынужденном омывании пластины, одиночной трубы и пучков труб                              | 2 |
| 6 | 6.1 | Теплоотдача при свободной конвекции  | Расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции возле вертикальных и горизонтальных поверхностей | 2 |
| 7 | 7.1 | Теплообмен при фазовых превращениях  | Теплообмен при конденсации  | 2 |
|   | 7.2 | Теплообмен при фазовых превращениях  | Теплообмен при кипении  | 2 |
| 8 | 8.2 | Теплообмен излучением  | Теплообмен излучением в поглощающей среде   | 3 |
| 9 | 9.1 | Теплообменные аппараты   | Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов.   | 4 |

### 3.2.3. Лабораторные занятия, содержание и объем в часах

| Модуль | Номер раздела | Тема           | Содержание               | Трудоемкость (в часах) |
|--------|---------------|----------------|--------------------------|------------------------|
| 2      | 2.1           | Дифференциация | Определение коэффициента | 2                      |

|   |     |   |  |   |
|---|-----|---|--|---|
|   |     | льное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии            | теплопроводности методом пластины.   |   |
|   | 2.1 | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии | Расчет стационарного температурного поля в составной двухслойной стенке с источниками теплоты.                         | 2 |
|   | 2.1 | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии | Расчет теплопередачи между теплоносителями, разделенными цилиндрической стенкой.                                       | 4 |
|   | 2.1 | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии | Расчет температурных полей и эффективности ребер   | 4 |
|   | 2.2 | Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения для тел различной геометрии | Расчеты одномерной нестационарной задачи теплопроводности в плоской, цилиндрической и сферической многослойной стенке. | 4 |
| 5 | 5.1 | Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении                    | Расчет одномерных распределений температуры стенки и жидкости по длине канала.   | 4 |

|   |     |  |   |   |
|---|-----|--|---|---|
|   |     | жидкостей  |   |   |
|   | 5.1 | Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении жидкостей | Расчет конвективного теплообмена при ламинарном течении в круглой трубе.                        | 4 |
|   | 5.2 | Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении жидкостей | Расчет конвективного теплообмена при ламинарном продольном обтекании пластины.                  | 2 |
|   | 5.2 | Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении жидкостей | Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубе   | 4 |
| 6 | 6.1 | Теплоотдача при свободной конвекции  | Определение местных коэффициентов тепло-отдачи при свободном движении возле вертикальной трубы. | 4 |
|   | 6.1 | Теплоотдача при свободной конвекции  | Исследование теплоотдачи при свободном движении жидкости возле горизонтальной трубы.            | 4 |
| 8 | 8.2 | Теплообмен излучением  | Расчет радиационно-кондуктивного теплообмена в плоском слое поглощающей и излучающей среды.     | 6 |
| 9 | 9.1 | Теплообменные аппараты   | Расчет теплообменников типа “труба в трубе”.  | 6 |

### 3.3. Содержание материалов, выносимых на самостоятельное изучение

| Модуль | Номер раздела | Содержание материалов, выносимого на самостоятельное изучение | Виды самостоятельной деятельности | Трудоемкость (в часах) |
|--------|---------------|---|-----------------------------------|------------------------|
|--------|---------------|---|-----------------------------------|------------------------|

|   |     |  |   |    |
|---|-----|--|---|----|
| 1 | 1.1 | Введение. Основные понятия и определения   | Способы теплообмена.<br>Основные понятия и определения.<br>Теплофизические свойства рабочих тел.<br>Коэффициент теплопроводности различных материалов и веществ.. | 10 |
| 2 | 2.1 | Теплопроводность в твердых телах.<br>Дифференциальное уравнение теплопроводности для анизотропных тел.<br>Дифференциальное уравнение теплопроводности для высокоинтенсивных нестационарных процессов.<br>Теплопередача через однослойные и многослойные стенки.<br>Обобщенный метод решения задач теплопроводности.<br>Теплообмен в ребрах.<br>Теплопроводность плоской полуограниченной пластины<br>Нестационарная теплопроводность в телах различной формы.<br>Приближенные методы решения задач теплопроводности.<br>Нестационарная теплопроводность в полуограниченных телах при различных граничных условиях. | Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта   | 34 |
| 3 | 3.1 | Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена;  | Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта; решение задач  | 10 |

|   |     |  |   |    |
|---|-----|--|---|----|
|   |     | применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. |   |    |
|   | 3.2 | Подобие и моделирование процессов конвективного теплообмена. Метод размерностей  | Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта; решение задач  | 10 |
| 4 | 4.1 | Массообмен: поток массы компонента, диффузия, массоотдача.   | Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта; решение задач  | 16 |
| 5 | 5.1 | Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении жидкостей.  | Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта. Решение задач, обработка и анализ полученных данных. | 8  |
|   | 5.2 | Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении жидкостей.  | Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта. Решение задач, обработка и анализ полученных данных  | 8  |
| 6 | 6.1 | Расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции в различных условиях (в ограниченном пространстве, в щелевых зазорах)           | Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта. Решение задач, обработка и анализ полученных данных  | 4  |
| 7 | 7.1 | Теплообмен при фазовых превращениях.   | Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта. Решение задач, обработка и анализ полученных данных  | 2  |
|   | 7.2 | Кризисы кипения. Теплоотдача при кипении   | Работа с электронными образовательными  | 2  |

|   |     |   |   |   |
|---|-----|---|---|---|
|   |     | и конденсации в подвижных средах.   | ресурсами; составление конспекта; решение задач   |   |
| 8 | 8.1 | Теплообмен излучением, сложный теплообмен   | Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта. Решение задач, обработка и анализ полученных данных. | 8 |
|   | 8.2 | Теплообмен излучением, сложный теплообмен   | Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта. Решение задач, обработка и анализ полученных данных. | 4 |
| 9 | 9.1 | Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов периодического действия. Расчет смесительных аппаратов | Работа с электронными образовательными ресурсами; составление конспекта. Решение задач, обработка и анализ полученных данных  | 4 |

#### **4. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины представлен в приложении.

[Фонд оценочных средств](#)

#### **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

##### **5.1. Основная литература**

##### **5.1.1. Печатные издания**

1. 1. Брюханов, О.Н. Тепломассообмен : учебник / О. Н. Брюханов, С. Н. Шевченко. - Москва : 18 ИНФРА-М, 2012. - 464 с. - (Высшее образование ) (Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-004803-1 : 339-90. 2. Кудинов, Анатолий Александрович. Тепломассообмен : учеб. пособие / Кудинов Анатолий Александрович. - Москва : ИНФРА-М, 2012. - 375 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-004729-4 : 399-85. 3. Кузьмина, Татьяна Витальевна. Теплофизика : учеб. пособие / Кузьмина Татьяна Витальевна, Белкин Сергей Юрьевич, Дружинин Анатолий Прокопович. - Чита : ЗабГУ, 2012. - 107 с. - ISBN 978-5-9293-0832-1 : 83-00. 4. Цветков, Федор Федотович. Тепломассообмен / Цветков Федор Федотович, Григорьев Борис Афанасьевич; учеб. пособие. - 2-е изд., исправ. и доп. - Москва : МЭИ, 2005. - 550с. : ил. - ISBN 5-7046-1270-9 : 960-00. 5. Примеры и задачи по тепломассообмену : учеб. пособие / В. С. Логинов [и др.]. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2011.

- 256 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1132-0 : 449-90.

### 5.1.2. Издания из ЭБС

1. 1. Мирам, А.О. Техническая термодинамика. Тепломассообмен : Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ по образованию в области строительства в качестве учебника для студентов, обучающихся по направлению 270100 "Строительство" / А. О. Мирам, В. А. Павленко; Мирам А.О.; Павленко В.А. - Moscow : АСВ, 2016. - . -Техническая термодинамика. 2. Тепломассообмен [Электронный ресурс] : Учебное издание / Мирам А.О., Павленко В.А. - М. : Издательство АСВ, 2016. - ISBN 978-5-93093-841-8. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938418.html>

## 5.2. Дополнительная литература

### 5.2.1. Печатные издания

1. Т1. еплотехника : учебник / под ред. В.Н. Луканина. - 3-е изд., испр. - Москва : Высшая школа, 2002. - 671с. : ил. - ISBN 5-06-003958-7 : 130-00. 2. Тепло и массообмен. Теплотехнический эксперимент : справ. / по ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. - Москва : Энергоиздат, 1982. - 512 с. : ил. - 3-20. 3. Исаев, С.И. Теория тепломассообмена : учебник / С. И. Исаев, И. А. Кожин, В. И. Кофанов; под ред. А.И. Леонтьева. - Москва : Высш. шк., 1979. - 495 с. : ил. - 1-40. 4. Лыков, Алексей Васильевич. Тепломассообмен : справ. / Лыков Алексей Васильевич. -Москва : Энергия, 1972. - 560с. : ил. - 2-15.

### 5.2.2. Издания из ЭБС

1. 1. Кудинов, Василий Александрович. Техническая термодинамика и теплопередача : Учебник / Кудинов Василий Александрович; Кудинов В.А., Карташов Э.М., Стефанюк Е.В. - 3-е изд. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 442. - (Бакалавр. Академический курс). -ISBN 978-5-534-00781-7 : 163.80. 2. <https://www.biblio-online.ru/book/EFA5B946-B5A6-4C71-AE60-3DAFCC7163EC>

## 5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

| Название   | Ссылка  |
|--|---|
| Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU                     | <a href="https://elibrary.ru">https://elibrary.ru</a>     |
| Государственная публичная научно-техническая библиотека России | <a href="http://www.gpntb.ru">http://www.gpntb.ru</a>     |
| Техническая библиотека   | <a href="http://techlibrary.ru">http://techlibrary.ru</a> |

## 6. Перечень программного обеспечения

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

"МегаПро".

Программное обеспечение специального назначения:

### 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

|  |  |
|--|--|
| Наименование помещений для проведения учебных занятий и для самостоятельной работы обучающихся | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы  |
| Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа                                      | Состав оборудования и технических средств обучения указан в паспорте аудитории, закрепленной расписанием по факультету |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий  |  |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий  |  |
| Учебные аудитории для промежуточной аттестации   |  |
| Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций                       | Состав оборудования и технических средств обучения указан в паспорте аудитории, закрепленной расписанием по кафедре    |
| Учебные аудитории для текущей аттестации   |  |

### 8. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

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

Рекомендации по подготовке к лекционным занятиям (теоретический курс)

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

Студентам необходимо:

- вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на понятия, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. В рабочих конспектах лекций желательно оставлять поля, на которых делаются пометки при изучении рекомендованной литературы;
- перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции и доработать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературных источников. При затруднениях в восприятии материала необходимо обратиться к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

- на отдельные лекции приносить соответствующий материал на бумажных носителях, представленный лектором персонально (таблицы, графики, схемы). Данный материал будет охарактеризован, прокомментирован, дополнен непосредственно на лекции;

#### Рекомендации по подготовке к практическим занятиям

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

Студентам следует:

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

#### Рекомендации по выполнению лабораторных работ

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

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

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

#### Рекомендации по выполнению самостоятельной работы

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

Самостоятельная работа студентов включает в себя выполнение индивидуальных заданий которые ориентированы на более глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины. К выполнению заданий для самостоятельной работы предъявляются следующие требования: задания должны исполняться самостоятельно и представляться в установленный срок, а

также соответствовать установленным требованиям по оформлению. Студентам следует выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельного выполнения, и разбирать на семинарах и консультациях неясные вопросы.

Методические рекомендации по выполнению контрольной работы для студентов заочной формы обучения

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

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

Правила выполнения контрольной работы:

- в работу должны быть включены все вопросы и задачи, указанные в задании, строго по положенному варианту контрольной работы.
- перед решением каждой задачи необходимо полностью выписать ее условие.
- ответы на вопросы и решение задач следует выполнять подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу решения и делая необходимые схемы, графики, эскизы и чертежи.

Рекомендации по подготовке к зачету, экзамену

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

Разработчик/группа разработчиков:  
Марина Александровна Морозова

**Типовая программа утверждена**

Согласована с выпускающей кафедрой  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г.