

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

"БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.19 Тепломассообмен

Закреплена за кафедрой **Промышленной теплоэнергетики**

Учебный план bz130301_20_ПТЭplx

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **заочная**

Общая трудоемкость **7 ЗЕТ**

Виды контроля на курсах:

Контрольная работа 3, Экзамен 3

Распределение часов дисциплины по курсам

| Курс | 3 | | Итого | |
|-------------------|-----|-----|-------|-----|
| | УП | РП | | |
| Лекции | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Лабораторные | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Практические | 12 | 12 | 12 | 12 |
| В том числе инт. | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Итого ауд. | 32 | 32 | 32 | 32 |
| Контактная работа | 32 | 32 | 32 | 32 |
| Сам. работа | 211 | 211 | 211 | 211 |
| Часы на контроль | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Итого | 252 | 252 | 252 | 252 |

Программу составил(и): Федяев В.Н.

к.т.н., доц., Федяева В.Н.

Рабочая программа дисциплины

Тепломассообмен

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018г. №143)

составлена на основании учебного плана:

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
утвержденного приказом ректора от 03.02.2020 протокол № 46.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Промышленной теплоэнергетики

Протокол от 26. 05. 2020 г. № 10

Срок действия программы: 2020 - 2024 уч.г.

Зав. кафедрой Федяев А. А.

Председатель МКФ

старший преподаватель Ульянов А.Д. 26. 06. 2020 г. 111

Ответственный за реализацию ОПОП Федяев В.В.
(подпись) (ФИО)

Директор библиотеки Сотник Г.Д.
(подпись) (ФИО)

№ регистрации 382
(методический отдел)

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| | |
|-----|---|
| 1.1 | Научить будущих специалистов владеть не только теорией, но и методами расчета основных процессов тепло и массообмена, формирование четких основных физических законов тепломассообмена. |
|-----|---|

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

| | |
|--------------------|--|
| Цикл (раздел) ООП: | Б1.О.19 |
| 2.1 | Требования к предварительной подготовке обучающегося: |
| 2.1.1 | Математика |
| 2.1.2 | Физика |
| 2.1.3 | Химия |
| 2.2 | Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: |
| 2.2.1 | Технологические энергоносители предприятий |
| 2.2.2 | Тепломассообменное оборудование предприятий |

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

| | |
|--|--|
| Индикатор 1 | УК-1.2. Использует системный подход для решения поставленных задач. |
| ОПК-3: Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах | |
| Индикатор 1 | ОПК-3.3. Использует знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем. |
| Индикатор 2 | ОПК-3.6. Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы. |
| Индикатор 3 | ОПК-3.7. Применяет знания основ тепломассообмена в теплотехнических установках. |

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

| | |
|---------------------|---|
| 3.1 | Знать: |
| 3.1.1 | Законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим установкам и системам. |
| 3.2 Уметь: | |
| 3.2.1 | Рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкции тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов тепломассообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты. |
| 3.3 Владеть: | |
| 3.3.1 | Основами расчета процессов тепломассопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования. |

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

| Код занятия | Вид занятия | Наименование разделов и тем | Семестр / Курс | Часов | Компетенции | Литература | Инте ракт. | Примечание |
|-------------|-------------|---|----------------|-------|-------------|-------------------------------------|------------|--|
| | Раздел | Раздел 1. Способы теплообмена | | | | | | |
| 1.1 | Лек | Предмет курса, общие понятия. Основные процессы передачи тепла: теплопроводность, конвективный теплообмен, радиационный теплообмен. | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 | 0,5 | лекция – пресс-конференция ; УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |

| | | | | | | | | |
|-----|------------|--|---|-----|------------|------------------------|-----|--|
| 1.2 | Лек | Теплоотдача и теплопередача. Основные количественные характеристики процесса переноса тепла: количество тепла, тепловой поток, плотность теплового потока, мощность внутренних источников тепла. | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0,5 | лекция – пресс-конференция ; УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 1.3 | Ср | | 3 | 21 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 1.4 | Экзамен | | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| | Раздел | Раздел 2. Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения; Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена | | | | | | |
| 2.1 | Лек | Дифференциальное уравнение теплопроводности. Коэффициент температуропроводности, зависимость от параметров процесса. | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 2.2 | Лек | Краевые условия для процессов теплопроводности: начальные и граничные условия первого, второго, третьего и четвёртого рода. | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 2.3 | Лаб | Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала | 3 | 2 | УК-1 ОПК-3 | Л3.5 Л3.6 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 2.4 | Пр | Нестационарная теплопроводность в пластине цилиндре и в телах конечных размеров | 3 | 1 | УК-1 ОПК-3 | Л2.1Л3.1 Л3.3 Э1 | 0,5 | Работа в малых группах УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 2.5 | Пр | Теплопроводность при стационарном режиме | 3 | 1 | УК-1 ОПК-3 | Л2.1Л3.1 Л3.3 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 2.6 | Ср | | 3 | 21 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 2.7 | Экзамен | | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 2.8 | Контр.раб. | | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| | Раздел | Раздел 3. Применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|-----|---------|--|---|-----|------------|-------------------------|-----|---|
| 3.1 | Лек | Условия подобия физических процессов, свойства подобных процессов. Приведение уравнений тепловых потоков к безразмерному виду. | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0,5 | проблемная лекция УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 3.2 | Лек | Пи – теорема, основные критерии теплового подобия. | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0,5 | проблемная лекция УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 3.3 | Ср | | 3 | 21 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 3.4 | Экзамен | | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| | Раздел | Раздел 4. Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекании трубы и пучка труб; расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции | | | | | | |
| 4.1 | Лек | Особенности течения и теплообмена в трубах. Ламинарный и турбулентный режимы. Участки гидродинамической и тепловой стабилизации, стабилизированное течение. Вязкостный и вязкостно-гравитационный режимы течения. Методы расчёта теплоотдачи при стабилизированном течении в трубах. | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 4.2 | Лек | Теплоотдача при ламинарном и турбулентном режимах течения жидкости в гладких трубах круглого сечения, расчётные формулы. Теплоотдача при переходном режиме течения жидкости. Теплоотдача в трубах некруглого поперечного сечения и в изогнутых и шероховатых трубах. | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 4.3 | Лаб | Определение коэффициента теплопроводности металла | 3 | 1 | УК-1 ОПК-3 | Л3.2 Л3.5 Л3.6 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 4.4 | Лаб | Определение коэффициента теплоотдачи при вынужденной конвекции воздуха | 3 | 1 | УК-1 ОПК-3 | Л3.2 Л3.5 Л3.6 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 4.5 | Лаб | Определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции на обогреваемом цилиндре | 3 | 1 | УК-1 ОПК-3 | Л3.2 Л3.5 Л3.6 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |

| | | | | | | | | |
|------|-------------|---|---|-----|------------|------------------------|-----|--|
| 4.6 | Пр | Теплоотдача при ламинарном и турбулентном обтекании плоской пластины, Критический диаметр тепловой изоляции трубы | 3 | 1 | УК-1 ОПК-3 | Л2.1Л3.1 Л3.3 Э1 | 0,5 | Работа в малых группах УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 4.7 | Пр | Теплоотдача при вынужденном поперечном обтекании отдельный труб и трубных пучков | 3 | 1 | УК-1 ОПК-3 | Л2.1Л3.1 Л3.3 Э1 | 0,5 | Работа в малых группах УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 4.8 | Пр | Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубах | 3 | 1 | УК-1 ОПК-3 | Л2.1Л3.1 Л3.3 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 4.9 | Пр | Интенсификация процесса теплопередачи с помощью оребрения | 3 | 1 | УК-1 ОПК-3 | Л2.1Л3.1 Л3.3 Э1 | 0,5 | Работа в малых группах УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 4.10 | Пр | Теплоотдача при свободном движении жидкости | 3 | 1 | УК-1 ОПК-3 | Л2.1Л3.1 Л3.3 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 4.11 | Ср | | 3 | 21 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 4.12 | Экзамен | | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 4.13 | Контр.ра б. | | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| | Раздел | Раздел 5. Теплообмен при фазовых превращениях | | | | | | |
| 5.1 | Лек | Конденсация сухого насыщенного пара на вертикальных стенах; ламинарное и турбулентное течение плёнки; теоретический расчёт теплоотдачи при ламинарном течении плёнки; расчёт средней теплоотдачи при наличии на поверхности ламинарной и турбулентной плёнки. Влияние на скорость конденсации пара наличия неконденсирующихся газов. | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 5.2 | Лек | Конденсация пара внутри труб, на поверхности горизонтальных труб и трубных пучков. Теплоотдача при капельной конденсации пара. Влияние перегрева и влажности пара на коэффициент теплоотдачи. Условия возникновения кипения и его механизм: перегрев жидкости и наличие центров парообразования, возникновение паровой фазы и образование паровых пузырей. | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |

| | | | | | | | | |
|-----|-------------|---|---|-----|------------|-------------------------|---|-----------------------------------|
| 5.3 | Пр | Теплообмен при кипении однокомпонентной жидкости | 3 | 1 | УК-1 ОПК-3 | Л2.1Л3.1 Л3.3 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 5.4 | Ср | | 3 | 13 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 5.5 | Экзамен | | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 5.6 | Контр.ра б. | | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| | Раздел | Раздел 6. Теплообмен излучением | | | | | | |
| 6.1 | Лек | Физика процесса передачи тепла электромагнитным излучением. Основные понятия: поток излучения, поверхностная и спектральная плотность потока излучения, интенсивность (яркость) излучения, взаимодействие тела с излучением (поглощение, отражение, пропускание), абсолютно чёрное и серое тело. | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 6.2 | Лек | Законы излучения абсолютно чёрного тела: закон Планка, закон Вина, закон Стефана - Больцмана. Степень черноты серого тела. Закон Кирхгофа для монохроматического и интегрального излучения. Закон Ламберта. | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 6.3 | Лаб | Определение степени черноты излучающей металлической поверхности | 3 | 2 | УК-1 ОПК-3 | Л3.4 Л3.5 Л3.6 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 6.4 | Лаб | Исследование теплообмена излучением | 3 | 1 | УК-1 ОПК-3 | Л3.4 Л3.5 Л3.6 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 6.5 | Пр | Теплообмен излучением | 3 | 1 | УК-1 ОПК-3 | Л2.1Л3.1 Л3.3 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 6.6 | Ср | | 3 | 22 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 6.7 | Экзамен | | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 6.8 | Контр.ра б. | | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| | Раздел | Раздел 7. Сложный теплообмен. | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|-----|------------|---|---|-----|------------|------------------|---|------------------------------------|
| 7.1 | Лек | Передача тепла через плоскую стенку. Распределение температуры в тонкой стенке при постоянном и переменном коэффициенте теплопроводности. Параметры теплового потока, электрогидротепловая аналогия. Передача тепла через многослойную плоскую стенку. | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК -3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 7.2 | Лек | Передача тепла через цилиндрическую стенку. Распределение температур в стенке длинного цилиндра при постоянном и переменном коэффициенте теплопроводности. Анализ параметров теплового потока, приближённые формулы. Многослойная цилиндрическая стенка, критический диаметр тепловой изоляции трубы. | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК -3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 7.3 | Пр | Определение поверхностей нагрева теплообменных аппаратов при прямотоке (и с использованием ЭВМ) | 3 | 1 | УК-1 ОПК-3 | Л2.1Л3.1 Л3.3 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК -3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 7.4 | Ср | | 3 | 22 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК -3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 7.5 | Экзамен | | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК -3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 7.6 | Контр.раб. | | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК -3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| | Раздел | Раздел 8. Массообмен: Поток массы компонента; Вектор плотности потока массы. | | | | | | |
| 8.1 | Лек | Конвективный теплообмен как совокупность молекулярного и молярного переноса. Теплоотдача: в однофазных жидкостях и при фазовых превращениях, при вынужденной и естественной конвекции. Понятие о тепловом пограничном слое и связь с гидравлическим пограничным слоем. | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК -3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |

| | | | | | | | | |
|------|---------|---|---|-----|------------|----------------|---|------------------------------------|
| 8.2 | Лек | Ламинарное и турбулентное течение жидкости, связь режима течения с теплообменом. Система дифференциальных уравнений неизотермического движения: уравнения теплоотдачи, энергии, движения и сплошности. | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК -3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 8.3 | Ср | | 3 | 22 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК -3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 8.4 | Экзамен | | 3 | 1 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК -3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| | Раздел | Раздел 9. Молекулярная диффузия: концентрационная диффузия, закон Фика; Термо- и бародиффузия; Массоотдача Математическое описание и аналогия процессов массо- и теплообмена | | | | | | |
| 9.1 | Лек | Основные положения теории массообмена. Концентрационная, термо- и бародиффузия. Закон Фика. Коэффициент диффузии. Конвективный массообмен как совокупность молярного и молекулярного переноса вещества. Плотность потока массы в процессе конвективного массообмена. | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК -3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 9.2 | Лек | Диффузионный пограничный слой, его описание. Границные условия на поверхности раздела фаз. Коэффициент массоотдачи. Применение теории подобия к процессам массообмена, основные числа подобия. Аналогия процессов тепло- и массообмена. | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК -3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 9.3 | Ср | | 3 | 24 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК -3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 9.4 | Экзамен | | 3 | 1 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК -3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| | Раздел | Раздел 10. Тепломассообмен; теплогидравлический расчет тепло обменных аппаратов. | | | | | | |
| 10.1 | Лек | Назначение и классификация теплообменных аппаратов. Основы теплового и гидравлического расчётов теплообменников: проектный и поверочный расчёты. | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК -3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |

| | | | | | | | | |
|------|------------|--|---|-----|------------|------------------------|---|-----------------------------------|
| 10.2 | Лек | Порядок теплового расчёта и основные этапы: выбор теплоносителей и схемы их движения, сведение параметров движения теплоносителей к тепловому балансу, определение конечных параметров теплоносителей, среднего температурного напора, среднего коэффициента теплопередачи, параметров разделительной твёрдой поверхности. Порядок гидравлического расчёта: определение потерь на трение и в местных сопротивлениях для каждого теплоносителя, выбор необходимых мощностей для обеспечения заданных режимов течения теплоносителей. | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 10.3 | Лаб | Определение коэффициента теплопередачи при течении жидкости в трубе (труба в трубе) | 3 | 2 | УК-1 ОПК-3 | Л3.5 Л3.6 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 10.4 | Пр | Порядок теплового расчета и основные этапы | 3 | 1 | УК-1 ОПК-3 | Л2.1Л3.1 Л3.3 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 10.5 | Пр | Основы гидравлического расчета теплообменника | 3 | 1 | УК-1 ОПК-3 | Л2.1Л3.1 Л3.3 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 10.6 | Ср | | 3 | 24 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 10.7 | Экзамен | | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Л1.1Л2.1 Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |
| 10.8 | Контр.раб. | | 3 | 0,5 | УК-1 ОПК-3 | Э1 | 0 | УК-1.2; ОПК-3.3; ОПК-3.6; ОПК-3.7 |

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Образовательные технологии с использованием активных методов обучения (лекция – беседа, лекция – дискуссия, проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция с заранее запланированными ошибками, лекция – пресс-конференция, лекция с разбором конкретных ситуаций, лекция-консультация, занятия с применением затрудняющих условий, методы группового решения творческих задач, метод развивающейся кооперации)

Образовательные технологии с использованием интерактивных методов обучения (круглый стол (дискуссия, дебаты), семинар - исследование, семинар «Пресс – антипресс», мозговой штурм (брейнсторм, мозговая атака), деловые, имитационные, операционные и ролевые игры, case-study (анализ конкретных ситуаций, ситуационный анализ), мастер класс, дидактические игры)

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Контрольные вопросы и задания

Экзаменационные вопросы:

1. Предмет курса, общие понятия.
2. Основные процессы передачи тепла: теплопроводность, конвективный теплообмен, радиационный теплообмен.
3. Теплоотдача и теплопередача.
4. Основные количественные характеристики процесса переноса тепла: количество тепла, тепловой поток, плотность теплового потока, мощность внутренних источников тепла.
5. Важнейшие этапы развития учения о тепло- и массообмене, вклад российских учёных в развитие учения о тепломассообмене, перспективы развития.
6. Коэффициент температуропроводности, зависимость от параметров процесса.

7. Краевые условия для процессов теплопроводности: начальные и граничные условия первого, второго, третьего и четвёртого рода.
8. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена.
9. Закон Ньютона-Рихмана.
10. Условия подобия физических процессов, свойства подобных процессов.
11. Приведение уравнений тепловых потоков к безразмерному виду.
12. Особенности течения и теплообмена в трубах. Ламинарный и турбулентный режимы. Участки гидродинамической и тепловой стабилизации, стабилизированное течение.
13. Вязкостный и вязкостно-гравитационный режимы течения. Методы расчёта теплоотдачи при стабилизированном течении в трубах.
14. Теплоотдача при ламинарном и турбулентном режимах течения жидкости в гладких трубах круглого сечения, расчётные формулы. Теплоотдача при переходном режиме течения жидкости.
15. Теплоотдача в трубах некруглого поперечного сечения и в изогнутых и шероховатых трубах.
16. Изменение теплоотдачи по окружности трубок пучка. Изменение теплоотдачи (средние ряды) в зависимости от номера ряда и межосевых расстояний трубок. Расчетные зависимости. Сравнительная теплоотдача шахматного и коридорного пучков труб.
17. Результаты теоретических и экспериментальных исследований теплоотдачи при естественной конвекции. Расчётные уравнения.
18. Теплоотдача в ограниченном пространстве, методика расчёта.
19. Пограничные гидродинамический и тепловой слои: определение границ для ламинарного и турбулентного слоёв.
20. Интегральное уравнение теплового потока.
21. Влияние переменных физических параметров на теплопередачу. Расчёт теплоотдачи при турбулентном пограничном слое на основе гидродинамической теории теплообмена.
22. Влияние перегрева и влажности пара на коэффициент теплоотдачи. Условия возникновения кипения и его механизм: перегрев жидкости и наличие центров парообразования, возникновение паровой фазы и образование паровых пузырей.
23. Влияние смачиваемости стенки жидкостью. Рост, отрыв и движение пузырей пара. Минимальный радиус центра парообразования, изменение диаметра пузыря во времени, отрывной диаметр.
24. Зависимость коэффициента теплоотдачи и плотности теплового потока от температурного напора при кипении в большом объёме для области пузырчатого кипения.
25. Плёночный режим. Первая и вторая критические плотности теплового потока. Изменение теплоотдачи и температуры стенки при плёночном режиме кипения.
26. Зависимость коэффициента теплоотдачи от давления, свойств жидкости, состояния твёрдой поверхности и других факторов при кипении в большом объёме.
27. Расчётные зависимости для коэффициента теплоотдачи в условиях свободного движения.
28. Механизм плёночного кипения, расчётные зависимости.
29. Физика процесса передачи тепла электромагнитным излучением.
30. Законы излучения абсолютно чёрного тела: закон Планка, закон Вина, закон Стефана - Больцмана.
31. Закон Кирхгофа для монохроматического и интегрального излучения.
32. Закон Ламберта.
33. Применение экранов.
34. Анализ параметров теплового потока, приближённые формулы.
35. Численные методы решения задач теплопроводности.
36. Система дифференциальных уравнений неизотермического движения: уравнения теплоотдачи, энергии, движения и сплошности.
37. Основные положения теории массообмена. Концентрационная, термо- и бародиффузия. Закон Фика. Коэффициент диффузии.
38. Диффузионный пограничный слой, его описание. Граничные условия на поверхности раздела фаз. Коэффициент массоотдачи.
39. Применение теории подобия к процессам массообмена, основные числа подобия. Аналогия процессов тепло - и массообмена.
40. Основы теплового и гидравлического расчётов теплообменников: проектный и поверочный расчёты.
41. Порядок теплового расчёта и основные этапы: выбор теплоносителей и схемы их движения, сведение параметров движения теплоносителей к тепловому балансу, определение конечных параметров теплоносителей, среднего температурного напора, среднего коэффициента теплопередачи, параметров разделительной твёрдой поверхности.
42. Порядок гидравлического расчёта: определение потерь на трение и в местных сопротивлениях для каждого теплоносителя, выбор необходимых мощностей для обеспечения заданных режимов течения теплоносителей.
 43. Механизм процесса теплопроводности в твёрдых телах, в жидкостях и газах.
 44. Температурное поле, градиент температуры, закон Фурье.
45. Коэффициент теплопроводности, зависимость от параметров процесса.
 46. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
47. Общее представление о методах решения задач теплопроводности.
48. Пи – теорема, основные критерии теплового подобия.
49. Использование опытных данных для получения полуэмпирических уравнений подобия.
50. Параметры пограничного слоя при поперечном обтекании цилиндрических поверхностей и их связь с теплоотдачей.
51. Характер изменения теплоотдачи при различных условиях омывания жидкостью. Средний коэффициент теплоотдачи, расчетные зависимости.
52. Влияние степени турбулизации набегающего потока и угла атаки на теплоотдачу цилиндра.

53. Основные типы пучков труб. Ламинарное и турбулентное течение жидкости в пучках.
54. Факторы, обуславливающие свободное движение жидкости. Характер движения жидкости вдоль вертикальной стенки, распределение в ней температур и скоростей, изменение коэффициента теплоотдачи по высоте стенки. Характер движения жидкости вблизи горизонтальных труб и пластин.
55. Теплоотдача при ламинарном пограничном слое.
56. Соотношение толщин гидродинамического и теплового пограничных слоёв.
57. Условия необходимые для конденсации пара. Плёночная и капельная конденсация. Коэффициент конденсации.
58. Термическое сопротивление фазового перехода.
59. Конденсация сухого насыщенного пара на вертикальных стенках; ламинарное и турбулентное течение плёнки; теоретический расчёт теплоотдачи при ламинарном течении плёнки; расчёт средней теплоотдачи при наличии на поверхности ламинарной и турбулентной плёнки.
60. Влияние на скорость конденсации пара наличия неконденсирующихся газов.
61. Конденсация пара внутри труб, на поверхности горизонтальных труб и трубных пучков. Теплоотдача при капельной конденсации пара.
62. Теплообмен между стенкой и жидкой фазой. Между жидкой и паровой фазой.
63. Теплообмен при кипении жидкости в трубах: характер движения парожидкостной смеси в горизонтальных и вертикальных трубах.
64. Основные понятия: поток излучения, поверхностная и спектральная плотность потока излучения, интенсивность (яркость) излучения, взаимодействие тела с излучением (поглощение, отражение, пропускание), абсолютно чёрное и серое тело.
65. Степень черноты серого тела.
66. Теплообмен излучением в замкнутой системе, состоящей из двух серых тел: общий случай, тел с плоскопараллельными поверхностями.
67. Особенности теплообмена излучением в поглощающих средах.
68. Передача тепла через плоскую стенку. Распределение температуры в тонкой стенке при постоянном и переменном коэффициенте теплопроводности.
69. Параметры теплового потока, электрогидротепловая аналогия. Передача тепла через многослойную плоскую стенку.
70. Передача тепла через цилиндрическую стенку. Распределение температур в стенке длинного цилиндра при постоянном и переменном коэффициенте теплопроводности.
71. Многослойная цилиндрическая стенка, критический диаметр тепловой изоляции трубы.
72. Передача тепла через шаровую стенку.
73. Теплопроводность в стержне постоянного поперечного сечения конечной и бесконечной длины.
74. Интенсификация процесса теплопередачи, теплопередача ребристых стенок.
75. Нагревание (охлаждение) пластин и цилиндров конечной толщины и диаметра, при бесконечной ширине пластины и длинах. Нагревание (охлаждение) тел конечных размеров.
76. Регулярный режим нагревания (охлаждения) тел: свойства температурного поля в начальный период и в регулярном режиме; темп охлаждения и определение теплофизических характеристик методом регулярного режима.
77. Конвективный теплообмен как совокупность молекулярного и молярного переноса.
78. Теплоотдача: в однофазных жидкостях и при фазовых превращениях, при вынужденной и естественной конвекции.
79. Понятие о тепловом пограничном слое и связь с гидравлическим пограничным слоем.
80. Ламинарное и турбулентное течение жидкости, связь режима течения с теплообменом.
81. Конвективный массообмен как совокупность молярного и молекулярного переноса вещества. Плотность потока массы в процессе конвективного массообмена.
82. Назначение и классификация теплообменных аппаратов.

6.2. Темы письменных работ

Контрольная работа:

Цель работы: Контрольная работа выполняется с целью закрепления знаний, полученных в процессе изучения дисциплины.

Основная тематика: расчет, выбор типа и конструкции поверхностного многоходового кожухотрубного теплообменника.

Рекомендуемый объем работы: Бакалаврам по учебному плану необходимо выполнить контрольную работу. Вариант контрольной работы определяется двумя последними цифрами зачетной книжки. При этом в каждом задании часть исходных данных выбирается по последней цифре шифра, а часть – по предпоследней. рекомендуемый объем 10-15 страниц.

В конце работы необходимо привести список использованной литературы, в самом тексте контрольной работы дать ссылки на соответствующие источники.

Выдача задания, прием контрольной работы проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

6.3. Фонд оценочных средств

Экзаменационные билеты.

6.4. Перечень видов оценочных средств

Контрольная работа, ответы на экзаменационные билеты.

| 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) | | | | | |
|--|---|---|--------|-----------|--|
| 7.1. Рекомендуемая литература | | | | | |
| 7.1.1. Основная литература | | | | | |
| Авторы, | Заглавие | Издательство, | Кол-во | Эл. адрес | |
| Л1. 1 Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. | Тепломассообмен: Учеб. пособие для вузов | Москва: МЭИ, 2005 | 51 | | |
| 7.1.2. Дополнительная литература | | | | | |
| Авторы, | Заглавие | Издательство, | Кол-во | Эл. адрес | |
| Л2. 1 Кошкин В.К., Калинин Э.К. | Теплообменные аппараты и теплоносители (теория и расчет): учебное пособие | Москва: Машиностроение, 1971 | 10 | | |
| 7.1.3. Методические разработки | | | | | |
| Авторы, | Заглавие | Издательство, | Кол-во | Эл. адрес | |
| Л3. 1 Федяева В.Н. | Промышленные тепломассообменные процессы и установки: Рабочая программа, методические указания, практические и контрольные задания | Братск: БрГТУ, 2000 | 20 | | |
| Л3. 2 Федяева В.Н., Федяев А.А. | Тепломассообмен. Определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции на обогреваемом цилиндре: Методические указания по выполнению лабораторных работ | Братск: БрГУ, 2009 | 29 | | |
| Л3. 3 Федяева В.Н., Федяев А.А. | Тепломассообмен. Определение коэффициента теплопередачи при течении жидкости в трубе (труба в трубе): методические указания | Братск: БрГУ, 2011 | 125 | | |
| Л3. 4 Коваленко И.В. | Теплотехника. Исследование теплообмена излучением: методические указания по выполнению лабораторной работы | Братск: БрГУ, 2011 | 85 | | |
| Л3. 5 Федяева В.Н., Федяев А.А. | Тепломассообмен. Определение коэффициента теплопроводности металла: методические указания по выполнению лабораторной работы | Братск: БрГУ, 2012 | 27 | | |
| Л3. 6 Федяева В.Н., Михолап Н.Н. | Тепломассообмен. Определение коэффициента теплоотдачи при вынужденной конвекции воздуха: методические указания по выполнению лабораторной работы | Братск: БрГУ, 2013 | 69 | | |
| 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" | | | | | |
| Э1 | Электронная библиотека БрГУ | http://ecat.brstu.ru/catalog | | | |
| 7.3.1 Перечень программного обеспечения | | | | | |
| 7.3.1.1 | Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level | | | | |
| 7.3.1.2 | Microsoft Imagine Premium для ФЭиА | | | | |
| 7.3.1.3 | KOMPAC-3D V13 | | | | |
| 7.3.2 Перечень информационных справочных систем | | | | | |
| 7.3.2.1 | ИСС "Кодекс". Информационно-справочная система | | | | |
| 7.3.2.2 | Справочно-правовая система «Консультант Плюс» | | | | |
| 7.3.2.3 | Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" | | | | |
| 7.3.2.4 | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU | | | | |
| 7.3.2.5 | Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ) | | | | |
| 7.3.2.6 | | | | | |
| 7.3.2.7 | Национальная электронная библиотека НЭБ | | | | |
| 7.3.2.8 | Издательство "Лань" электронно-библиотечная система | | | | |
| 7.3.2.9 | «Университетская библиотека online» | | | | |
| 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) | | | | | |

| | | |
|-------|--------------------------------|--|
| 1223 | Лаборатория общей теплотехники | Автоматизированный стенд-тренажёр «Автономная система отопления», Лабораторная установка для изучения процессов во влажном воздухе, Лабораторная установка для изучения теплообмена при различных режимах кипения жидкости, Лабораторная установка для исследования теплопередачи «труба в трубе», Стенд «Определение удельной теплоемкости воздуха при постоянном давлении методом протока», Автоматизированный компьютеры Intel(P) Celer CPU 240 GHz/228 MB –3 шт.; Intel 2.6 GHz/RAM-512Mb, Лабораторная установка для определения коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции, Лабораторная установка для определения теплоёмкости ($P=const$), Учебный стенд «Определение коэффициента теплопроводности металла», Стенд лабораторный, Учебно-демонстрационный комплекс «Техническая термодинамика. Тепломассообмен». Учебная мебель. |
| 0002* | лекционная аудитория | Учебная мебель |
| 1001 | читальный зал №3 | Учебная мебель, Оборудование 15- CPU 5000/RAM 2Gb/HDD (Монитор TFT 19 LG 1953S-SF);принтер HP LaserJet P3005 |
| 1346 | Дисплейный класс | 1. Учебная мебель. 2. ПК (системный блок AMD Athlon(tm) 64 X2 Dual Core Processor 5000+ 2.66 GHz, RAM 2GB, монитор LG 19") - 16. 3. Принтер лазерный HP Laser Jet P3005n. 4. Интерактивная доска SMARTBoard 680I со встроенным XGA проектором Unifi 35 (77"/195,6 см). |

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина тепломассообмен направлена на ознакомление с основными процессами передачи тепла в различных системах и материалах (теплопроводность, конвективный теплообмен, радиационный теплообмен, теплоотдача и теплопередача.); на получение теоретических знаний и практических навыков по проведению теплового и гидравлического расчётов поверхностного многоходового кожухотрубного теплообменного аппарата.

Изучение дисциплины тепломассообмен предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы,
- практические работы;
- контрольную работу,
- самостоятельную работу,
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1 «Способы теплообмена» студенты должны уяснить: основные процессы передачи тепла (теплопроводность, конвективный теплообмен, радиационный теплообмен), а так же основные количественные характеристики процесса переноса тепла (количество тепла, тепловой поток, плотность теплового потока, мощность внутренних источников тепла).

В ходе освоения раздела 2 «Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения; Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена» студенты должны уяснить дифференциальное уравнение теплопроводности и сформировать общее представление о методах решения задач теплопроводности.

В ходе освоения раздела 3 «Применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена» студенты должны уяснить: условия подобия физических процессов, свойства подобных процессов и основные критерии теплового подобия.

В ходе освоения раздела 4 «Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекании трубы и пучка труб; расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции» студенты должны уяснить: особенности течения и теплообмена в трубах (ламинарный и турбулентный режимы, участки гидродинамической и тепловой стабилизации, стабилизированное течение), методы расчёта теплоотдачи при различных условиях и режимах течения.

В ходе освоения раздела 5 «Теплообмен при фазовых превращениях» студенты должны уяснить: условия необходимые для конденсации пара, расчётные уравнения для коэффициента теплоотдачи и его зависимость от различных параметров, а так же процесс и режимы кипения.

В ходе освоения раздела 6 «Теплообмен излучением» студенты должны уяснить: основные понятия: поток излучения, поверхность и спектральная плотность потока излучения, интенсивность (яркость) излучения, взаимодействие тела с излучением (поглощение, отражение, пропускание), абсолютно чёрное и серое тело.

В ходе освоения раздела 7 «Сложный теплообмен» студенты должны уяснить: способы передачи тепла при сложном теплообмене, а так же численные методы решения задач теплопроводности.

В ходе освоения раздела 8 «Массообмен: Поток массы компонента; Вектор плотности потока массы» студенты должны уяснить: принцип конвективного теплообмена как совокупность молекулярного и молярного переноса; процесс теплоотдачи в однофазных жидкостях и при фазовых превращениях, при вынужденной и естественной конвекции; понятие о тепловом пограничном слое и связь с гидравлическим пограничным слоем; ламинарное и турбулентное течение жидкости, связь режима течения с теплообменом.

В ходе освоения раздела 9 «Молекулярная диффузия: концентрационная диффузия, закон Фика; Термо- и бародиффузия; массоотдача; Математическое описание и аналогия процессов массо- и теплообмена» студенты должны уяснить: основные положения теории массообмена (концентрационная, термо- и бародиффузия, закон Фика); коэффициент диффузии; диффузионный пограничный слой, его описание; граничные условия на поверхности раздела фаз; применение теории подобия к процессам массообмена, основные числа подобия. Аналогия процессов тепло - и массообмена.

В ходе освоения раздела 10 «Тепломассообмен; теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов» студенты должны уяснить: назначение и классификация теплообменных аппаратов; основы теплового и гидравлического расчётов

теплообменников: проектный и поверочный расчёты.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам: основные способы теплообмена; система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена; расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции; теплообмен при фазовых превращениях; теплообмен излучением; сложный теплообмен; массообмен; молекулярная диффузия; массоотдача; назначение и классификация теплообменных аппаратов; основы теплового и гидравлического расчётов теплообменников: проектный и поверочный расчёты.

В процессе проведения практических занятий происходит закрепление знаний о стационарной и нестационарной теплопроводности в пластине цилиндре и в телах конечных размеров; критическом диаметре тепловой изоляции трубы; теплоотдача при ламинарном и турбулентном обтекании плоской пластины, при вынужденном поперечном обтекании отдельный труб и трубных пучков, при вынужденном движении жидкости в трубах, при свободном движении жидкости, при кипении однокомпонентной жидкости; интенсификации процесса теплопередачи с помощью оребрения; теплообмене излучением. А так же определение поверхностей нагрева теплообменных аппаратов при прямо и противотоке; порядок теплового и гидравлического расчетов и основные этапы.

В процессе проведения лабораторных работ происходит формирование умений и навыков реализации определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала и металла; определение коэффициента теплоотдачи при вынужденной и естественной конвекции воздуха; определение коэффициента теплопередачи при течении жидкости в трубе; исследование теплообмена излучением.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий (в виде презентаций, проблемной лекции, лекции с запланированными ошибками) в сочетании с внеаудиторной работой.