**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

| Шифр | Наименование дисциплины (модуля) |
|---|---|
| Б1.В.ОД.8 | Тепломассообмен |

| | |
|---|---|
| Код направления подготовки | 08.03.01 |
| Направление подготовки | Строительство |
| Наименование ОПОП (профиль) | Теплогазоснабжение и вентиляция |
| Год начала подготовки | 2013 |
| Уровень образования | бакалавриат (академический, прикладной) |
| Форма обучения | очная, очно-заочная, заочная |

**Разработчики:**

| должность | ученая степень, звание | подпись | ФИО |
|---|---|---|---|
| ***профессор*** | ***к.т.н., доцент*** | | ***Мирам А.О.*** |
| ***профессор*** | ***к.т.н., доцент*** | | ***Павленко В.А.*** |

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры: «Теплотехника и теплогазоснабжение»**

| должность | подпись | ученая степень и звание, ФИО | | |
|---|---|---|---|---|
| Зав. кафедрой | | **д.т.н., профессор Хаванов П.А.** | | |
| год обновления | 2015 | | | |
| Номер протокола | № 1 | | | |
| Дата заседания кафедры ТТГС | 28.08.2015 | | | |

**Рабочая программа утверждена и согласована:**

| Подразделение/комиссия | Должность | ФИО | подпись | Дата |
|---|---|---|---|---|
| Методическая комиссия | доцент | Нечитаева В.А. | | |
| НТБ | директор | Ерофеева О.Р. | | |
| ЦОСП | начальник | Беспалов А.Е. | | |

## 1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Тепломассообмен» является:
- подготовить дипломированного бакалавра по профилю «Теплогазоснабжение и вентиляция», в области определяющих технические требования к технологическим системам;
- обеспечить общетехническую подготовку, необходимую для бакалавра во всех областях строительства.

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

| Компетенция по ФГОС | Код компетенции по ФГОС | Основные показатели освоения (показатели достижения результата) | Код показателя освоения |
|---|---|---|---|
| Использование основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования | ОПК-1 | **Знает** основные законы тепломассообмена | З1 |
| | | **Умеет** применять методы математического анализа и моделирования для решения задач по тепломассообмену | У1 |
| | | **Имеет навыки** оформления результатов решения задач | Н1 |
| Способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико - математический аппарат | ОПК-2 | **Знает** основные законы конвективной теплоотдачи | З2 |
| | | **Умеет** применять проведения инженерных расчетов с привлечением соответствующего физико-математического аппарата | У2 |
| | | **Имеет навыки** оформления результатов расчетов | Н2 |
| Владением основными законами геометрического формирования, построения и взаимного пересечения моделей плоскости и пространства, необходимыми для выполнения и чтения чертежей зданий, сооружений, конструкций, составления конструкторской документации и деталей | ОПК-3 | **Знает** основные законы геометрического формирования, необходимые для выполнения чертежей конструкций инженерного оборудования | З3 |
| | | **Умеет** выбирать информацию, необходимую для составления чертежа | У3 |
| | | **Имеет навыки** использования полученной информации при проектировании | Н3 |
| Знание нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест | ПК-1 | **Знает** действующие нормативные документы РФ в области систем инженерного оборудования | З4 |
| | | **Умеет** выбирать нормативы, необходимые для проведения конкретных расчетов | У4 |
| | | **Имеет навыки** пользования нормативными документами для выбора исходных данных для расчетов | Н4 |
| Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных расчетов, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам | ПК-3 | **Знает** правила оформления строительных чертежей в области теплообменного инженерного оборудования | З5 |
| | | **Умеет** производить тепловой и гидравлический расчеты теплообменного оборудования | У5 |
| | | **Имеет навыки** оформления результатов расчетов в соответствии с действующими нормами | Н5 |

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

Дисциплина «Тепломассообмен» относится к вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» (уровень бакалавриата), профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция» и является обязательной к обучению.

Дисциплина «Тепломассообмен» базируется на знаниях, умениях и навыках, приобретенных студентами в ходе изучения дисциплин: математика, физика, информатика, механика жидкости и газа, химическая термодинамика, техническая термодинамика и служит основой для изучения дисциплин профессиональной направленности.

*Требования к входным знаниям, умениям и компетенциям студентов*.

Студент должен:

*Знать:*

- основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики;
- фундаментальные основы высшей математики, включая линейную алгебру и математический анализ, теорию вероятностей и основы математической статистики;
-основные понятия информатики, современные средства вычислительной техники, основы алгоритмического языка и технологию составления программ;
- основы механики жидкости и газа, а также основы гидравлики
- терминологию, основные понятия, относящиеся к статике и динамике сооружений;
- основные методы решения задач статики и динамики сооружений.

проводить формализацию поставленной задачи на основе современного математического аппарата;

пользоваться справочной технической литературой;

формулировать и решать задачи технической термодинамики и тепломассообмена.

применять первый закон термодинамики для составления энергетического баланса для систем, в которых не производится работа;

проводить анализ и расчет термодинамических процессов идеального газа, водяного пара и влажного воздуха, процессов истечения и дросселирования;

определить мощность привода компрессора (насоса, вентилятора).

*Уметь:*

- самостоятельно использовать математический аппарат, содержащийся в литературе по строительным наукам, расширять свои математические познания;
- работать на персональном компьютером, пользоваться операционной системой и основными офисными приложениями;
- формулировать и решать задачи тепломассообмена

*Владеть:*

– первичными навыками и основными методами решения математических задач из общеинженерных и специальных дисциплин профилизации;
- методами практического использования современных компьютеров для обработки информации и основами численных методов решения инженерных задач;
- современной научной аппаратурой, навыками ведении физического эксперимента;
- основными законами и уравнениями тепломассобмена.

*Дисциплины, для которых дисциплина «Тепломассообмен» является предшествующей:*

«Основы обеспечения микроклимата зданий»;

«Насосы, вентиляторы и компрессоры в системах ТГВ»;

«Отопление»;

«Вентиляция»;

«Кондиционирование воздуха и холодоснабжение зданий»;

«Генераторы тепла и автономное теплоснабжение зданий»;

«Централизованное теплоснабжение»;

«Газоснабжение».

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

Общая трудоемкость дисциплины по очной форме обучения составляет 4 зачетные единиц, 144 часа.

*(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)*

Форма обучения - очная

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах) | | | | | | Формы текущего контроля успеваемости *(по неделям семестра)* Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Контактная работа с обучающимися | | | | | Самостоятельная работа | |
| | | | | Лекции | Практико-ориентированные занятия | | | КСР | | |
| | | | | | Лабораторный практикум | Практические занятия | Групповые консультации по КП/КР | | | |
| 1. | *Введение. Теплопроводность* | *5* | *1-4* | *8* | *6* | *4* | | | *9* | *Защита лабораторной работы. Контрольная работа* |
| 2. | *Конвективный теплообмен* | *5* | *5-10* | *14* | *16* | *4* | | | *9* | *Защита лабораторных работ. Контрольная работа.* |
| 3. | *Теплообмен излучением* | *5* | *11* | *2* | *2* | *2* | | | *9* | *Защита лабораторной работы* |
| 4. | *Теплообменные аппараты* | *5* | *11-15* | *8* | *4* | *12* | | | *9* | *Курсовое проектирование. Защита лабораторной работы* |
| 5. | *Нестационарная теплопроводность* | *5* | *16-17* | *2* | | *2* | | | *9* | |
| 6. | *Тепло- и массоперенос* | *5* | *18* | *2* | | *2* | | | *9* | |
| | Итого: | *5* | *18* | *36* | *28* | *26* | | | *54* | *КП,экзамен* |

Общая трудоемкость дисциплины по очно-заочной и заочной форме обучения составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

*(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)*

*Очно-заочная форма обучения*

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах) | | | | | | Формы текущего контроля успеваемости *(по неделям семестра)* Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Контактная работа с обучающимися | | | | | Самостоятельная работа | |
| | | | | Лекции | Практико-ориентированные занятия | | | КСР | | |
| | | | | | Лабораторный практикум | Практические занятия | Групповые консультации по КП/КР | | | |
| 1. | *Введение. Теплопроводность* | *6* | *1-3* | *10* | *4* | *1* | | | *24* | *Защита лабораторной работы.* |
| 2. | *Конвективный теплообмен* | *6* | *4-10* | *18* | *6* | *4* | | | *32* | *Защита лабораторных работ. Контрольная работа.* |
| 3. | *Теплообмен излучением* | *6* | *11* | *4* | *2* | *1* | | | *8* | *Защита лабораторной работы. Контрольная работа* |
| 4. | *Теплообменные аппараты* | *6* | *11-14* | *8* | *4* | *8* | | | *24* | *Курсовое проектирование. Защита лабораторной работы* |
| 5. | *Нестационарная теплопроводность* | *6* | *15* | *4* | | *1* | | | *6* | |
| 6. | *Тепло- и массоперенос* | *6* | *16* | *2* | | *1* | | | *6* | |
| | Итого: | *6* | *16* | *48* | *16* | *16* | | | *100* | *КП,экзамен* |

*Заочная форма обучения*

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах) | | | | | | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Контактная работа с обучающимися | | | | | Самостоятельная работа | |
| | | | | Лекции | Практико-ориентированные занятия | | | КСР | | |
| | | | | | Лабораторный практикум | Практические занятия | Групповые консультации по КП/КР | | | |
| 1. | Введение. Теплопроводность | 6 | | 1 | 1 | 2 | | | 48 | Защита лабораторной работы. Контрольная работа |
| 2. | Конвективный теплообмен | 6 | | 3 | 2 | 2 | | | 54 | Защита лабораторных работ. Контрольная работа. |
| 3. | Теплообмен излучением | 6 | | 1 | | | | | 12 | |
| 4. | Теплообменные аппараты | 6 | | 1 | 1 | 4 | | | 26 | Курсовое проектирование. Защита лабораторной работы |
| 5. | Нестационарная теплопроводность | 6 | | 1 | | | | | 10 | |
| 6. | Тепло- и массоперенос | 6 | | 1 | | | | | 10 | |
| | Итого: | 6 | | 8 | 4 | 8 | | | 160 | КП,экзамен |

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

*5.1. Содержание лекционных занятий*

*5.1.1 Очная форма обучения:*

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Тема и содержание занятия | Кол-во акад. часов |
|---|---|---|---|
| 1 | Введение.<br><br>Теплопроводность | Основные понятия и определения. Теория теплообмена. Теплообмен в энергетике и строительстве, значение теплообмена в технологических процессах. Виды переноса теплоты: теплопроводность, конвекция и излучение.<br><br>Температурное поле. Закон Фурье. Теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности, условия однозначности.<br>Теплопроводность через однослойную и многослойную плоскую и цилиндрическую стенки при граничных условиях 1 рода и стационарном режиме.<br>Передача теплоты при стационарном режиме и граничных условиях 3 рода. Теплопередача через однослойную и много- слойную плоскую и цилиндрическую стенки. Коэффициент теплопередачи. Пути интенсификации теплопередачи. Критический диаметр цилиндрической стенки. Выбор целесообразного материала тепловой изоляции. | 8 |
| 2 | Конвективный теплообмен | Физическая сущность конвективного теплообмена. Режим течения и пограничный слой. Физические свойства жидкостей. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Основы теории подобия. Условия подобия физических явлений. Теоремы подобия. Приведение дифференциальных уравнений конвективного теплообмена и условий однозначности к безразмерному виду. Числа подобия. Физический смысл основных чисел подобия. Критериальные уравнения подобия. Теплоотдача при ламинарном и турбулентном движении жидкости в трубах. Теплоотдача при движении жидкости вдоль пластины. Теплоотдача при поперечном омывании одиночной трубы. Теплоотдача при поперечном омывании пучков труб.<br>Теплоотдача при свободном движении жидкости. Теплоотдача при свободном движении жидкости в неограниченном пространстве вдоль вертикальных поверхностей и около горизонтальных поверхностей. Теплоотдача при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния вещества. | 14 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 | Теплообмен излучением | Общие понятия и определения. Оновные законы теплового излучения. Теплообмен излучением между телами. Использование экранов для защиты от излучения. Излучение паров и газов. Сложный теплообмен. | 2 |
| 4 | Теплообменные аппараты | Основы теплового расчета теплообменных аппаратов. Вычисление коэффициентов теплопередачи. Определение среднего температурного напора. Определение конечных температур теплоносителей. Основы теплового расчета регенеративных и смесительных теплообменных аппаратов. | 8 |
| 5 | Нестационарная теплопроводность | Нагревание и охлаждение плоской пластины, цилиндра бесконечной длины и шара. Зависимость распределения теплоты от формы и размеров тела. Приближенные методы рашения задач нестационарной теплопроводности | 2 |
| 6 | Тепло- и массоперенос | Основные закономерности тепло- и массопереноса. Закон Фика. Молекулярная диффузия. Конвективный массообмен. Система дифференциальных уравнений тепло-и массообмена. Числа подобия массопереноса. Коэффициент массоотдачи. | 2 |

*5.1.2 Очно-заочная форма обучения:*

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Тема и содержание занятия | Кол-во акад. часов |
|---|---|---|---|
| 1 | Введение.<br><br>Теплопроводность | Основные понятия и определения. Теория теплообмена. Теплообмен в энергетике и строительстве, значение теплообмена в технологических процессах. Виды переноса теплоты: теплопроводность, конвекция и излучение.<br><br>Температурное поле. Закон Фурье. Теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности, условия однозначности.<br>Теплопроводность через однослойную и многослойную плоскую и цилиндрическую стенки при граничных условиях 1 рода и стационарном режиме.<br>Передача теплоты при стационарном режиме и граничных условиях 3 рода. Теплопередача через однослойную и много- слойную плоскую и цилиндрическую стенки. Коэффициент теплопередачи. Пути интенсификации теплопередачи. Критический диаметр цилиндрической стенки. Выбор целесообразного материала тепловой изоляции. | 10 |
| 2 | Конвективный теплообмен | Физическая сущность конвективного теплообмена. Режим течения и пограничный слой. Физические | 18 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | свойства жидкостей. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Основы теории подобия. Условия подобия физических явлений. Теоремы подобия. Приведение дифференциальных уравнений конвективного теплообмена и условий однозначности к безразмерному виду. Числа подобия. Физический смысл основных чисел подобия. Критериальные уравнения подобия. Теплоотдача при ламинарном и турбулентном движении жидкости в трубах. Теплоотдача при движении жидкости вдоль пластины. Теплоотдача при поперечном омывании одиночной трубы. Теплоотдача при поперечном омывании пучков труб.<br>Теплоотдача при свободном движении жидкости. Теплоотдача при свободном движении жидкости в неограниченном пространстве вдоль вертикальных поверхностей и около горизонтальных поверхностей. Теплоотдача при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния вещества. | |
| 3 | Теплообмен излучением | Общие понятия и определения. Основные законы теплового излучения. Теплообмен излучением между телами. Использование экранов для защиты от излучения. Излучение паров и газов. Сложный теплообмен. | 4 |
| 4 | Теплообменные аппараты | Основы теплового расчета теплообменных аппаратов. Вычисление коэффициентов теплопередачи. Определение среднего температурного напора. Определение конечных температур теплоносителей. Основы теплового расчета регенеративных и смесительных теплообменных аппаратов. | 10 |
| 5 | Нестационарная теплопроводность | Нагревание и охлаждение плоской пластины, цилиндра бесконечной длины и шара. Зависимость распределения теплоты от формы и размеров тела. Приближенные методы рашения задач нестационарной теплопроводности | 4 |
| 6 | Тепло- и массоперенос | Основные закономерности тепло- и массопереноса. Закон Фика. Молекулярная диффузия. Конвективный массообмен. Система дифференциальных уравнений тепло-и массообмена. Числа подобия массопереноса. Коэффициент массоотдачи. | 2 |

*5.1.3 Заочная форма обучения*

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Тема и содержание занятия | Кол-во акад. часов |
|---|---|---|---|
| 1 | Введение. | Основные понятия и определения. Теория теплообмена. Теплообмен в энергетике и строительстве, значение теплообмена в технологических процессах. Виды переноса теплоты: тепло- | 1 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Теплопроводность | проводность, конвекция и излучение.<br><br>Температурное поле. Закон Фурье. Теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности, условия однозначности.<br>Теплопроводность через однослойную и многослойную плоскую и цилиндрическую стенки при граничных условиях 1 рода и стационарном режиме.<br>Передача теплоты при стационарном режиме и граничных условиях 3 рода. Теплопередача через однослойную и много- слойную плоскую и цилиндрическую стенки. Коэффициент теплопередачи. Пути интенсификации теплопередачи. Критический диаметр цилиндрической стенки. Выбор целесообразного материала тепловой изоляции. | |
| 2 | Конвективный теплообмен | Физическая сущность конвективного теплообмена. Режим течения и пограничный слой. Физические свойства жидкостей. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Основы теории подобия. Условия подобия физических явлений. Теоремы подобия. Приведение дифференциальных уравнений конвективного теплообмена и условий однозначности к безразмерному виду. Числа подобия. Физический смысл основных чисел подобия. Критериальные уравнения подобия. Теплоотдача при ламинарном и турбулентном движении жидкости в трубах. Теплоотдача при движении жидкости вдоль пластины. Теплоотдача при поперечном омывании одиночной трубы. Теплоотдача при поперечном омывании пучков труб.<br>Теплоотдача при свободном движении жидкости. Теплоотдача при свободном движении жидкости в неограниченном пространстве вдоль вертикальных поверхностей и около горизонтальных поверхностей. Теплоотдача при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния вещества. | 3 |
| 3 | Теплообмен излучением | Общие понятия и определения. Оновные законы теплового излучения. Теплообмен излучением между телами. Использование экранов для защиты от излучения. Излучение паров и газов. Сложный теплообмен. | 1 |
| 4 | Теплообменные аппараты | Основы теплового расчета теплообменных аппаратов. Вычисление коэффициентов теплопередачи. Определение среднего температурного напора. Определение конечных температур теплоносителей. Основы теплового расчета регенеративных и смесительных теплообменных аппаратов. | 1 |
| 5 | Нестационарная теплопроводность | Нагревание и охлаждение плоской пластины, цилиндра бесконечной длины и шара. Зависи- | 1 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | мость распределения теплоты от формы и размеров тела. Приближенные методы рашения задач нестационарной теплопроводности | |
| 6 | Тепло- и массоперенос | Основные закономерности тепло- и массопереноса. Закон Фика. Молекулярная диффузия. Конвективный массообмен. Система дифференциальных уравнений тепло-и массообмена. Числа подобия массопереноса. Коэффициент массоотдачи. | 1 |

*5.2. Лабораторный практикум*

*5.2.1 Очная форма обучения:*

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Тема и содержание лабораторной работы | Кол-во акад. часов |
|---|---|---|---|
| 1 | Определение теплопроводности материала наружного ограждения методом дополнительной стенки | Измерение температур с помощью термопар, определение плотности теплового потока через дополнительную стенку. Определение коэффициента теплоотдачи от стенки к наружному воздуху, термических сопротивлений. | 6 |
| 2 | Определение коэффициента теплоотдачи для горизонтальной трубы при свободной конвекции | Измерение силы тока и напряжения, температуры стенки в отдельных точках трубы, температуры воздуха. Определение лучистого теплового потока между телами и конвективного теплового потока. | 6 |
| 3 | Исследование теплоотдачи конвекцией при вынужденном продольном омывании воздухом плоской поверхности (пластины). Изучение процессов конвективной теплоотдачи при вынужденном движении воздуха в пучке труб | Измерение температур на поверхностях пластины (трубы пучка) в девяти точках. Измерение скорости воздуха. Измерение мощности электронагрева пластины (трубы пучка). Определение плотности теплового потока, поступающего с поверхности пластины (трубы пучка) в воздух. Определение толщины пограничного слоя на начальном ламинарном участке пластины (трубы пучка). | 12 |
| 4 | Определение коэффициента теплопередачи пароводяного теплообменного аппарата | Измеряются расход воды через теплообменник, температура воды на входе и выходе, температура на поверхности стенки. Определение теплового потока. Определение коэффициентов теплоотдачи от пара к наружной поверхности стенки теплообменника и от внутренней поверхности стенки к нагреваемой воде. Определение термического сопротивления стенки. | 4 |

*5.2.2 Очно-заочная форма обучения:*

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Тема и содержание лабораторной работы | Кол-во акад. часов |
|---|---|---|---|
| 1 | Определение теплопроводности материала наружного ограждения методом дополнительной стенки | Измерение температур с помощью термопар, определение плотности теплового потока через дополнительную стенку. Определение коэффициента теплоотдачи от стенки к наружному воздуху, термических сопротивлений. | 4 |
| 2 | Определение коэффициента теплоотдачи для горизонтальной трубы при свободной конвекции | Измерение силы тока и напряжения, температуры стенки в отдельных точках трубы, температуры воздуха. Определение лучистого теплового потока между телами и конвективного теплового потока. | 2 |
| 3 | Исследование теплоотдачи конвекцией при вынужденном продольном омывании воздухом плоской поверхности (пластины). Изучение процессов конвективной теплоотдачи при вынужденном движении воздуха в пучке труб | Измерение температур на поверхностях пластины (трубы пучка) в девяти точках. Измерение скорости воздуха. Измерение мощности электронагрева пластины (трубы пучка). Определение плотности теплового потока, поступающего с поверхности пластины (трубы пучка) в воздух. Определение толщины пограничного слоя на начальном ламинарном участке пластины (трубы пучка). | 6 |
| 4 | Определение коэффициента теплопередачи пароводяного теплообменного аппарата | Измеряются расход воды через теплообменник, температура воды на входе и выходе, температура на поверхности стенки. Определение теплового потока. Определение коэффициентов теплоотдачи от пара к наружной поверхности стенки теплообменника и от внутренней поверхности стенки к нагреваемой воде. Определение термического сопротивления стенки. | 4 |

*5.2.3 Заочная форма обучения:*

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Тема и содержание лабораторной работы | Кол-во акад. часов |
|---|---|---|---|
| 1 | Определение теплопроводности материала наружного ограждения методом дополнительной стенки | Измерение температур с помощью термопар, определение плотности теплового потока через дополнительную стенку. Определение коэффициента теплоотдачи от стенки к наружному воздуху, термических сопротивлений. | 1 |
| 2 | Определение коэффициента теплоотдачи для горизонтальной трубы при свободной конвекции | Измерение силы тока и напряжения, температуры стенки в отдельных точках трубы, температуры воздуха. Определение лучистого теплового потока между телами и конвективного теплового потока. | 1 |
| 3 | Исследование теплоотдачи конвекцией при вынужденном про- | Измерение температур на поверхностях пластины (трубы пучка) в девяти точках. Измерение скорости воздуха. Измерение мощности элек- | 1 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | дольном омывании воздухом плоской поверхности (пластины). Изучение процессов конвективной теплоотдачи при вынужденном движении воздуха в пучке труб | тронагрева пластины (трубы пучка). Определение плотности теплового потока, поступающего с поверхности пластины (трубы пучка) в воздух. Определение толщины пограничного слоя на начальном ламинарном участке пластины (трубы пучка). | |
| 4 | Определение коэффициента теплопередачи пароводяного теплообменного аппарата | Измеряются расход воды через теплообменник, температура воды на входе и выходе, температура на поверхности стенки. Определение теплового потока. Определение коэффициентов теплоотдачи от пара к наружной поверхности стенки теплообменника и от внутренней поверхности стенки к нагреваемой воде. Определение термического сопротивления стенки. | 1 |

*5.3 Перечень практических занятий*

*5.3.1 Очная форма обучения:*

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Тема и содержание занятия | Кол-во акад. часов |
|---|---|---|---|
| 1 | Теплопроводность | Расчет теплопроводности через однослойную и многослойную плоскую и цилиндрическую стенки. Эквивалентная теплопроводность. Теплопроводность через шаровую стенку. | 3 |
| 2 | Теплопередача | Коэффициент теплопередачи. Теплопередача через плоскую, цилиндрическую и шаровую однослойную и многослойную стенки. | 1 |
| 3 | Критический диаметр цилиндрической стенки. Интенсификация теплопередачи | Тепловая изоляция. Критический диаметр. Выбор тепловой изоляции. Теплопередача через ребристые стенки. | 1 |
| 4 | Теплоотдача при течении жидкости в трубах. | Определение среднего коэффициента теплоотдачи при ламинарном и турбулентном течении жидкости в трубах. | 1 |
| 5 | Теплоотдача при поперечном смывании одиночной трубы и пучков труб. | Определение среднего коэффициента теплоотдачи пучка труб при коридорном и шахматном расположении. | 1 |
| 6 | Теплоотдача при естественной конвекции. Теплоотдача при течении жидкости вдоль плоской поверхности. | Определение средних коэффициентов теплоотдачи при свободном ламинарном и турбулентном движении вдоль вертикальной стенки. Определение средних коэффициентов теплоотдачи при свободном движении жидкости около горизонтальных труб. Определение средних коэффициентов теплоотдачи пластины, омываемой продольным потоком жидкости при ламинарном и турбулентном режимах в пограничном слое. | 1 |
| 7 | Теплообмен излучением в полупрозрачных | Определение теплообмена излучением между двумя большими параллельно расположенными | 2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | средах. Теплообмен излучением между поверхностями | поверхностями. Определение теплообмена излучением между телами, одно из которых находится внутри другого. | |
| 8 | Теплообменные аппараты | Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата. Определение среднего температурного напора. Определение конечных температур теплоносителей. | 12 |
| 9 | Нестационарная теплопроводность. | Определение температуры на поверхности пластины, цилиндра, шара и температуры в середине пластины, на оси цилиндра, в середине шара при нагревании (охлаждении). Определение времени, необходимого для нагревания (охлаждения) плоской пластины, цилиндра, шара. | 2 |
| 10 | Тепло- и массоперенос | Определение чисел подобия массопереноса. Определение коэффициента массоотдачи. | 2 |

*5.3.2 Очно-заочная форма обучения:*

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Тема и содержание занятия | Кол-во акад. часов |
|---|---|---|---|
| 1 | Теплопроводность | Расчет теплопроводности через однослойную и многослойную плоскую и цилиндрическую стенки. Эквивалентная теплопроводность. Теплопроводность через шаровую стенку. | 1 |
| 2 | Теплопередача | Коэффициент теплопередачи. Теплопередача через плоскую, цилиндрическую и шаровую однослойную и многослойную стенки. | 1 |
| 3 | Критический диаметр цилиндрической стенки. Интенсификация теплопередачи | Тепловая изоляция. Критический диаметр. Выбор тепловой изоляции. Теплопередача через ребристые стенки. | 2 |
| 4 | Теплоотдача при течении жидкости в трубах. | Определение среднего коэффициента теплоотдачи при ламинарном и турбулентном течении жидкости в трубах. | 2 |
| 5 | Теплоотдача при поперечном смывании одиночной трубы и пучков труб. | Определение среднего коэффициента теплоотдачи пучка труб при коридорном и шахматном расположении. | 2 |
| 6 | Теплоотдача при естественной конвекции. Теплоотдача при течении жидкости вдоль плоской поверхности. | Определение средних коэффициентов теплоотдачи при свободном ламинарном и турбулентном движении вдоль вертикальной стенки. Определение средних коэффициентов теплоотдачи при свободном движении жидкости около горизонтальных труб. Определение средних коэффициентов теплоотдачи пластины, омываемой продольным потоком жидкости при ламинарном и турбулентном режимах в пограничном слое. | 2 |
| 7 | Теплообмен излучением в полупрозрачных | Определение теплообмена излучением между двумя большими параллельно расположенными | 2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | средах. Теплообмен излучением между поверхностями | поверхностями. Определение теплообмена излучением между телами, одно из которых находится внутри другого. | |
| 8 | Теплообменные аппараты | Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата. Определение среднего температурного напора. Определение конечных температур теплоносителей. | 2 |
| 9 | Нестационарная теплопроводность. | Определение температуры на поверхности пластины, цилиндра, шара и температуры в середине пластины, на оси цилиндра, в середине шара при нагревании (охлаждении). Определение времени, необходимого для нагревания (охлаждения) плоской пластины, цилиндра, шара. | 1 |
| 10 | Тепло- и массоперенос | Определение чисел подобия массопереноса. Определение коэффициента массоотдачи. | 1 |

*5.3.3 Заочная форма обучения:*

| | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Тема и содержание занятия | Кол-во акад. часов |
|---|---|---|---|
| 1 | Теплопроводность. Теплопередача. | Расчет теплопроводности через однослойную и многослойную плоскую и цилиндрическую стенки. Эквивалентная теплопроводность. Теплопроводность через шаровую стенку.<br>Коэффициент теплопередачи. Теплопередача через плоскую, цилиндрическую и шаровую однослойную и многослойную стенки. | 1 |
| | Критический диаметр цилиндрической стенки. Интенсификация теплопередачи. Теплоотдача при течении жидкости в трубах. | Тепловая изоляция. Критический диаметр. Выбор тепловой изоляции. Теплопередача через ребристые стенки. Определение среднего коэффициента теплоотдачи при ламинарном и турбулентном течении жидкости в трубах. | 1 |
| | Теплоотдача при поперечном смывании одиночной трубы и пучков труб.<br>Теплоотдача при естественной конвекции.<br>Теплоотдача при течении жидкости вдоль плоской поверхности. | Определение среднего коэффициента теплоотдачи пучка труб при коридорном и шахматном расположении.<br>Определение средних коэффициентов теплоотдачи при свободном ламинарном и турбулентном движении вдоль вертикальной стенки. Определение средних коэффициентов теплоотдачи при свободном движении жидкости около горизонтальных труб.<br>Определение средних коэффициентов теплоотдачи пластины, омываемой продольным потоком жидкости при | 1 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | ламинарном и турбулентном режимах в пограничном слое. | |
| | Теплообмен излучением в полупрозрачных средах. Теплообмен излучением между поверхностями. Теплообменные аппараты. Нестационарная теплопроводность. Тепло- и массоперенос. | Определение теплообмена излучением между двумя большими параллельно расположенными поверхностями. Определение теплообмена излучением между телами, одно из которых находится внутри другого. Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата. Определение среднего температурного напора. Определение конечных температур теплоносителей. Определение температуры на поверхности пластины, цилиндра, шара и температуры в середине пластины, на оси цилиндра, в середине шара при нагревании (охлаждении). Определение времени, необходимого для нагревания (охлаждения) плоской пластины, цилиндра, шара. Определение чисел подобия массопереноса. Определение коэффициента массоотдачи. | 5 |

*5.4 Групповые консультации по курсовым работам/курсовым проектам (при наличии выделенных часов контактной работы в учебном плане)*

Учебным планом не предусмотрено.

*5.5 Самостоятельная работа*

*5.5.1 Очная форма обучения:*

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Содержание работы | Кол-во акад. часов |
|---|---|---|---|
| 1 | Ведение Теплопроводность | Закрепление теоретического курса, изучение основных понятий по тепломассообмену. Закрепление теоретического курса, изучение основных понятий по теплопроводности. Перенос теплоты при стационарном режиме и граничных условиях 1-го рода. Передача теплоты при стационарном режиме и граничных условиях 3-го рода. | 9 |
| 2 | Конвективный теплообмен | Закрепление теоретического курса, изучение основных понятий и определение по конвективному теплообмену. Определение коэффициентов теплоотдачи при течении жидкости в каналах. Определение коэффициентов теплоотдачи при поперечном омывании одиночной трубы и пучков труб. Определение коэффициентов теплоотдачи при обтекании плоской пластины. | 9 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | Определение коэффициентов теплоотдачи при свободном движении жидкости в неограниченном пространстве вдоль вертикальных поверхностей и около горизонтальных труб. Определение коэффициентов теплоотдачи при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве. Определение коэффициентов теплоотдачи при пленочной и пузырьковой конденсации. Определение коэффициентов теплоотдачи при пузырьковом кипении в условиях свободного движения и в условиях вынужденной конвекции. | |
| 3 | Теплообмен излучением | Закрепление теоретического курса, изучение основных понятий по теплообмену излучением. Закон Кирхгофа. Закон Планка. Закон Стефана – Больцмана. Закон Ламберта. Теплообмен излучением между телами. Излучение паров и газов. Закон Бугера. Сложный теплообмен. | 9 |
| 4 | Теплообменные аппараты | Закрепление теоретического курса, изучение основных понятий по теплообменным аппаратам. Тепловой расчет рекуперативных (конструктивный и поверочный) теплообменных аппаратов. Особенности теплового расчета регенеративных и смесительных теплообменных аппаратов. Определение среднего температурного напора. Определение конечных температур теплоносителей. | 9 |
| 5 | Нестационарная теплопроводность | Закрепление теоретического курса, по нестационарной теплопроводности. Определение температуры в середине и на поверхности пластины, шара, цилиндра при охлаждении (нагревании). Определение времени, необходимого для нагрева (охлаждения) цилиндра, шара, пластины. | 9 |
| 6 | Тепло и массоперенос | Закрепление теоретического курса, изучение основных понятий по тепло-и массообмену. Определение коэффициентов тепло- и массоотдачи при испарении жидкости со свободной поверхности в условиях естественной конвекции. | 9 |

*5.5.2 Очно-заочная форма обучения:*

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Содержание работы | Кол-во акад. часов |
|---|---|---|---|
| 1 | Ведение Теплопроводность | Закрепление теоретического курса, изучение основных понятий по тепломассообмену. Закрепление теоретического курса, изучение основных понятий по теплопроводности. Перенос теплоты при стационарном режиме и граничных условиях 1-го рода. Передача теплоты при стационарном режиме и граничных условиях 3-го рода. | 18 |
| 2 | Конвективный теплообмен | . Закрепление теоретического курса, изучение основных понятий и определение по конвективному | 32 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | теплообмену.<br>Определение коэффициентов теплоотдачи при течении жидкости в каналах. Определение коэффициентов теплоотдачи при поперечном омывании одиночной трубы и пучков труб. Определение коэффициентов теплоотдачи при обтекании плоской пластины. Определение коэффициентов теплоотдачи при свободном движении жидкости в неограниченном пространстве вдоль вертикальных поверхностей и около горизонтальных труб. Определение коэффициентов теплоотдачи при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве. Определение коэффициентов теплоотдачи при пленочной и пузырьковой конденсации. Определение коэффициентов теплоотдачи при пузырьковом кипении в условиях свободного движения и в условиях вынужденной конвекции. | |
| 3 | Теплообмен излучением | Закрепление теоретического курса, изучение основных понятий по теплообмену излучением.<br>Закон Кирхгофа. Закон Планка. Закон Стефана – Больцмана. Закон Ламберта. Теплообмен излучением между телами. Излучение паров и газов. Закон Бугера. Сложный теплообмен. | 6 |
| 4 | Теплообменные аппараты | Закрепление теоретического курса, изучение основных понятий по теплообменным аппаратам. Тепловой расчет рекуперативных (конструктивный и поверочный) теплообменных аппаратов. Особенности теплового расчета регенеративных и смесительных теплообменных аппаратов. Определение среднего температурного напора. Определение конечных температур теплоносителей. | 20 |
| 5 | Нестационарная теплопроводность | Закрепление теоретического курса, по нестационарной теплопроводности. Определение температуры в середине и на поверхности пластины, шара, цилиндра при охлаждении (нагревании). Определение времени, необходимого для нагрева (охлаждения) цилиндра, шара, пластины. | 12 |
| 6 | Тепло и массоперенос | Закрепление теоретического курса, изучение основных понятий по тепло-и массообмену. Определение коэффициентов тепло- и массоотдачи при испарении жидкости со свободной поверхности в условиях естественной конвекции. | 12 |

*5.5.3. Заочная форма обучения:*

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Содержание работы | Кол-во акад. часов |
|---|---|---|---|
| 1 | Ведение<br>Теплопроводность | Закрепление теоретического курса, изучение основных понятий по тепломассообмену.<br>Закрепление теоретического курса, изучение | 28 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | основных понятий по теплопроводности.<br>Перенос теплоты при стационарном режиме и граничных условиях 1-го рода. Передача теплоты при стационарном режиме и граничных условиях 3-го рода. | |
| 2 | Конвективный теплообмен | Закрепление теоретического курса, изучение основных понятий и определение по конвективному теплообмену.<br>Определение коэффициентов теплоотдачи при течении жидкости в каналах. Определение коэффициентов теплоотдачи при поперечном омывании одиночной трубы и пучков труб. Определение коэффициентов теплоотдачи при обтекании плоской пластины. Определение коэффициентов теплоотдачи при свободном движении жидкости в неограниченном пространстве вдоль вертикальных поверхностей и около горизонтальных труб. Определение коэффициентов теплоотдачи при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве. Определение коэффициентов теплоотдачи при пленочной и пузырьковой конденсации. Определение коэффициентов теплоотдачи при пузырьковом кипении в условиях свободного движения и в условиях вынужденной конвекции. | 42 |
| 3 | Теплообмен излучением | Закрепление теоретического курса, изучение основных понятий по теплообмену излучением.<br>Закон Кирхгофа. Закон Планка. Закон Стефана – Больцмана. Закон Ламберта. Теплообмен излучением между телами. Излучение паров и газов. Закон Бугера. Сложный теплообмен. | 10 |
| 4 | Теплообменные аппараты | Закрепление теоретического курса, изучение основных понятий по теплообменным аппаратам. Тепловой расчет рекуперативных (конструктивный и поверочный) теплообменных аппаратов. Особенности теплового расчета регенеративных и смесительных теплообменных аппаратов. Определение среднего температурного напора. Определение конечных температур теплоносителей. | 40 |
| 5 | Нестационарная теплопроводность | Закрепление теоретического курса, по нестационарной теплопроводности. Определение температуры в середине и на поверхности пластины, шара, цилиндра при охлаждении (нагревании). Определение времени, необходимого для нагрева (охлаждения) цилиндра, шара, пластины. | 20 |
| 6 | Тепло и массоперенос | Закрепление теоретического курса, изучение основных понятий по тепло-и массообмену. Определение коэффициентов тепло- и массоотдачи при испарении жидкости со свободной поверхности в условиях естественной конвекции. | 20 |

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

Для самостоятельной работы обучающегося используется учебные материалы, представленные в разделе 8, 9.

## 7 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

*7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы*

*На примере очной формы обучения*

| Код компетенции по ФГОС | Этапы формирования компетенций (разделы теоретического обучения)* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ОПК-1 | + | + | + | + | + | + |
| ОПК-2 | + | + | + | + | + | + |
| ОПК-3 | + | + | + | + | + | + |
| ПК-1 | | | | + | + | + |
| ПК-3 | + | + | + | + | + | + |

*7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания*

*7.2.1. Описание показателей и форм оценивания компетенций*

| Код компетенции по ФГОС | Показатели освоения (Код показателя освоения) | Форма оценивания | | | | | Обеспеченность оценивания компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Текущий контроль | | | Промежуточная аттестация | | |
| | | Контрольная работа | Защита лаб.раб. | Контроль выполнения курсового проек- | Защита курсовой работы/ проекта | Экзамен | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 12 |
| ОПК-1 | З1 | + | | | | + | + |
| | У1 | + | | + | + | | + |
| | Н1 | | | + | + | | + |
| ОПК-2 | З2 | + | | | | + | + |
| | У2 | + | | + | + | | + |
| | Н2 | | | + | + | | + |
| ОПК-3 | З3 | + | + | | | + | + |
| | У3 | + | | + | + | | + |
| | Н3 | | | + | + | | + |
| ПК-1 | З4 | + | + | | | + | + |
| | У4 | + | + | + | + | | + |
| | Н4 | | + | + | + | | + |
| ПК-3 | З5 | + | | | | + | + |
| | У5 | + | | + | + | | + |
| | Н5 | | | + | + | | + |
| ИТОГО | | + | + | + | + | + | + |

*7.2.2. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Экзамена*

| Код показателя оценивания | Оценка | | | |
|---|---|---|---|---|
| | «2» (неудовлетв.) | Пороговый уровень освоения | Углубленный уровень освоения | Продвинутый уровень освоения |
| | | «3» (удовлетвор.) | «4» (хорошо) | «5» (отлично) |
| З1 | Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, не знает основных законов тепломассообмена | Обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, с трудом знает основные термины и законы тепломассообмена | Теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, знает основные законы тепломассообмена | Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, знает основные законы тепломассообмена. |
| З2 | Обучающийся допускает существенные ошибки, не может увязывать теорию с практикой, не знает основных законов конвективной теплоотдачи | Теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала, с трудом знает основные законы конвективной теплоотдачи | Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, знает основные законы конвективной теплоотдачи. | Теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал, уверенно знает основные законы конвективной теплоотдачи. |
| З3 | Большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному, не знает основные законы геометрического формирования, необходимые для выполнения чертежей конструкций инженерного оборудования | При ответе на поставленный вопрос обучающийся допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в области основных законов геометрического формирования, необходимые для выполнения чертежей конструкций инженерного оборудования | Предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое, знает основные законы геометрического формирования, необходимые для выполнения чертежей конструкций инженерного оборудования | Все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному, уверенно знает и применяет основные законы геометрического формирования, необходимые для выполнения чертежей конструкций инженерного оборудования |
| З4 | Обучающийся допускает существенные ошибки, не может увязывать тео- | Теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не но- | Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает | Теоретическое содержание курса освоено полностью, свободно справляется с задача- |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | рию с практикой, не знает нормативные документы в области инженерного оборудования | сят существенного характера, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала, с трудом знает нормативные документы в области инженерного оборудования | его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, знает нормативные документы в области инженерного оборудования | ми, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал в области нормативных документов инженерного оборудования |
| З5 | Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки в ответе на поставленный вопрос, не знает правил оформления строительных чертежей в области теплообменного инженерного оборудования | Обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, с трудом знает правила оформления строительных чертежей в области теплообменного инженерного оборудования | , Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, знает правила оформления строительных чертежей в области теплообменного инженерного оборудования | Обучающийся четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал из литературы, знает правила оформления строительных чертежей в области теплообменного инженерного оборудования |

*7.2.3. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Защиты курсового проекта*

| Код показателя оценивания | Оценка | | | |
|---|---|---|---|---|
| | «2» (неудовлетв.) | Пороговый уровень освоения | Углубленный уровень освоения | Продвинутый уровень освоения |
| | | «3» (удовлетвор.) | «4» (хорошо) | «5» (отлично) |
| У1 | Обучающийся с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, не умеет применять методы математического анализа и моделирования для решения задач по тепломассообмену | Большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос. Обучающийся допускает неточности при применении методов математического анализа и моделирования для решения задач по тепломассообмену | Обучающийся правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, умеет применять методы математического анализа и моделирования для решения задач по тепломассообмену | Обучающийся свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, умеет применять методы математического анализа и моделирования для решения задач по тепломассообмену |
| Н1 | Большинство предусмотренных программой обу- | Большинство предусмотренных программой зада- | Все предусмотренные программой обучения | Все предусмотренные программой задания выполнены, качество их |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | чения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному, не может применить навыков оформления результатов решения задач | ний выполнено, но в них имеются ошибки, с трудом может применить навыки оформления результатов решения задач | учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое, может приме оформления результатов решения задач | выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному, четко и уверенно применяет навыки оформления результатов решения задач |
| У2 | Обучающийся не умеет применять проведения инженерных расчетов с привлечением соответствующего физико-математического аппарата | Обучающийся с трудом применяет проведения инженерных расчетов с привлечением соответствующего физико-математического аппарата | Обучающийся правильно применяет проведения инженерных расчетов с привлечением соответствующего физико-математического аппарата | Обучающийся анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий,умеет применять проведения инженерных расчетов с привлечением соответствующего физико-математического аппарата |
| Н2 | Большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному, не правильное оформление результатов расчетов | Большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки при оформлении результатов расчета | Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое, верное оформление результатов расчетов | Все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному, правильное оформление результатов расчета |
| У3 | Обучающийся с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, не умеет выбирать информацию, необходимую для составления чертежа | Большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос, с трудом выбирает информацию, необходимую для составления чертежа | Обучающийся правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, умеет выбирать информацию, необходимую для составления чертежа | Обучающийся свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, умеет правильно и грамотно выбирать информацию, необходимую для составления чертежа |
| Н3 | Большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом бал- | Большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, с трудом использует полученную информа- | Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое, имеет | Все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному, применяет полученную информацию при проекти- |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | лов, близким к минимальному, не имеет навыков использования полученной информации при проектировании | ции при проектировании | навыки использования полученной информации при проектировании | ровании |
| У4 | Обучающийся не умеет работать с нормативной документацией, методической и справочной литературой, в области тепломасооообмена | Обучающийся не уверенно работает с нормативной документацией, методической и справочной литературой, в области тепломассообмена | Обучающийся умеет работать с нормативной документацией, методической и справочной литературой, в области тепломассообмена | Обучающийся уверенно работает с нормативной документацией, методической и справочной литературой, в области тепломассообмена |
| Н4 | Обучающийся не может применить нормативную базу для обоснования принятых проектных решений при разработке схем, в области тепломассообмена | Обучающийся имеет не достаточно навыков применения нормативной базы для обоснования принятых проектных решений при разработке схем, в области тепломассообмена | Обучающийся уверенно использует нормативную базу для обоснования принятых проектных решений при разработке схем, в области тепломассообмена | Обучающийся имеет уверенные навыки при использовании нормативных документов отечественных и зарубежных для обоснования принятых проектных решений при разработке схем, в области тепломассообмена |
| У5 | Обучающийся не умеет выбирать проектно-рабочую документацию для расчетов в области тепломассообмена | Обучающийся не уверенно выбирает проектно-рабочую документацию для расчетов в области тепломассообмена | Обучающийся умеет выбирать проектно-рабочую документацию для расчетов в области тепломассообмена | Обучающийся уверенно выбирает проектно-рабочую документацию для расчетов в области тепломассообмена |
| Н5 | Обучающийся не владеет правилами размещения проектируемых элементов в области тепломассообмена. Не владеет навыками пользования расчетных таблиц, диаграмм, номограмм | Обучающийся в целом владеет правилами размещения проектируемых элементов в области тепломассообмена. Не достаточно хорошо владеет навыками пользования расчетными таблицами, диаграммами, номограммами | Обучающийся достаточно хорошо владеет правилами размещения проектируемых элементов в области тепломассообмена, владеет навыками пользования документами для их проектирования | Обучающийся уверенно владеет правилами проектирования в области тепломассообмена, четко и уверенно пользуется таблицами, диаграммами, номограммами |

*7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций*

*7.3.1. Текущий контроль*

*Примеры вопросов для защиты лабораторных работ:*

1. Теплопроводность. Закон теплопроводности Фурье. Градиент температуры. Термическое сопротивление.
2. Многослойные плоские стенки. Эквивалентная теплопроводность.
3. Уравнение теплопроводности для цилиндрической стенки. Критический диаметр цилиндрической стенки.
4. Метод дополнительной стенки.
5. Теплоотдача. Коэффициент теплоотдачи. Закон теплоотдачи (Ньютона-Рихмана).
6. Как измеряются температуры на поверхности стенки? Как устроена термопара?
7. Конвективный и лучистый тепловые потоки.
8. Числа подобия: Нуссельта, Грасгофа, Прандтля, Рейнольдса. Физический смысл.
9. Уравнения подобия.
10. Коэффициент теплопередачи.. Уравнение теплопередачи. Уравнение теплового баланса.
11. Как определяется коэффициент теплоотдачи при пленочной конденсации пара на горизонтальной трубе?
12. Определение коэффициента теплоотдачи при движении жидкости в каналах при турбулентном и ламинарном режимах движения?

*Примеры задач контрольных работ*

1. Стенка наружного ограждения помещения толщиной $\delta$=0,50 м изготовлена из силикатного кирпича ($\lambda$=0,8 Вт/м.К). Температура воздуха в помещении - $t_{ж1}$, температура внутренней поверхности стенки - $t_{c1}$. Определить температуру наружной поверхности стенки $t_{c2}$ и потери теплоты за сутки через эту стенку площадью 100 м$^2$. Коэффициент теплоотдачи от внутренней стороны стенки $\alpha_1 = 8$ Вт/м$^2$К.

2. Стенка рабочей камеры печи площадью 10 м$^2$ состоит из двух слоев. Первый слой – из шамотного кирпича толщиной $\delta$=0,3 м, второй-той же толщины из диатомитового кирпича.

Теплопроводности материалов линейно зависят от температуры и могут быть определены по формулам:

для 1-го слоя $\lambda_1$ = 0,86+0,0006$t$

для 2-го слоя $\lambda_2$ =0,122+0,0003$t$ .

Определить потерю тепла за сутки, построить график изменения температуры по толщине стенки. Температура внутренней поверхности - $t_{c1}$, температура наружной поверхности - $t_{c3}$.

3. В нагревательной печи, где температура газов $t_{ж1}$, стенка площадью 50 м$^2$ сделана из трех слоев: диатомитового кирпича толщиной 70 мм, красного кирпича толщиной 250 мм и снаружи слоя изоляции толщиной $\delta_{из}$. Воздух в цехе имеет температуру $t_{ж2}$. Коэффициент теплоотдачи в печи от газов к стенке - $\alpha_1$, снаружи от изоляции к воздуху - $\alpha_2$. Определить коэффициент теплопередачи и термические сопротивления теплопередачи от газов к воздуху, суточные потери теплоты, температуры на поверхности всех слоев.

Построить график изменения температуры в стенке.

4. Определить толщину слоя изоляции паропровода наружным диаметром $d_2$, если при температуре его поверхности $t_{c2}$ наружная поверхность изоляции имеет температуру $t_{c3}$=60˚С. Теплопроводность изоляции $\lambda_2$. Температура окружающего воздуха $t_{ж2}$=20˚С. Коэффициент теплоотдачи от изоляции к воздуху - $\alpha_2$.

5. Вертикальный паропровод с наружным диаметром $d_н$ и длиной $\ell$ охлаждается свободным потоком воздуха, температура которого $t_ж$. Температура поверхности трубы $t_{ст}$. Определить потери теплоты паропроводом. Во сколько раз изменится величина тепловых потерь, если паропровод будет покрыт слоем изоляции толщиной $\delta$, чтобы температура поверхности была равна $t_{ст}$=60°$C$? Потери теплоты излучением не учитывать.

6. Определить коэффициент теплопередачи от внутренней поверхности трубы конденсатора паротурбинной установки к охлаждающей воде, количество передаваемой теплоты и длину трубки, если средняя по длине температура стенки $t_{ст}$, утренний диаметр трубки 16 мм, температура воды на входе $t'_ж$, а на выходе $t''_ж$, средняя скорость воды $\omega$.

7. Нагрев воды производится в теплообменнике, который изготовлен из труб с наружным диаметром $d$ = 30 мм, расположенных в шахматном порядке с поперечным и продольными шагами $S_1=S_2=2,5d$. Число труб в ряду $m$, число рядов $n$. Трубы располагаются поперек потока. Температура воздуха, поступающего в подогреватель, $t'_ж$, а на выходе из подогревателя - $t''_ж$. Средняя температура наружной поверхности труб - $t_{ст}$. Скорость воздуха в узком сечении трубного пучка 10 м/с. Какой длины должны быть трубы, чтобы тепловой поток, передаваемый воде, протекающей внутри труб, был равен 400 кВт?

8. Насыщенный водяной пар при давлении $P$ конденсируется на вертикальной трубе высотой $h$. Разность температур пара и поверхности трубы равна $\Delta t$. Рассчитать и построить график изменения локального коэффициента теплоотдачи и толщины слоя конденсата по длине трубы. Чему равно среднее значение коэффициента теплоотдачи?

9. На поверхности горизонтальной трубы диаметром $d$ и длиной $\ell$ трубчатого теплообменника конденсируется сухой насыщенный пар при давлении $P$. Температура поверхности трубки - $t_c$. Определить среднее значение коэффициента теплоотдачи от пара к трубе и количество образовавшегося в течение часа конденсата.

10. Определить среднее значение коэффициента теплоотдачи от сухого насыщенного водяного пара к поверхности вертикальной трубы диаметром $d$ и длиной $\ell$, если давление пара $P$, а температура стенки $t_c$. Определить также количество образовавшегося в течение часа конденсата.

11. Какую температуру стенки $t_c$ необходимо обеспечить, чтобы при пленочной конденсации сухого насыщенного пара на поверхности горизонтальной трубы диаметром $d$ и длиной $\ell$ конденсировалось G= $7 \cdot 10^{-8}$ кг/с пара? Давление пара $P$. Определить также значение коэффициента теплоотдачи.

12. Сухой насыщенный пар подается в вертикальный кожухо-трубный конденсатор, где происходит его конденсация при температуре $t_н$. Определить значение локального коэффициента теплоотдачи и толщину слоя конденсата на расстоянии $x/\ell$ = 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; и 1,0 от вершины труб. По полученным данным построить график зависимости $\alpha = f(\ell)$ и $\delta = f(\ell)$. Определить также среднее значение коэффициента теплоотдачи на длине $\ell$ стенки трубы. Температуру стенки принять равной $t_c$.

13. Определить величину коэффициента теплоотдачи от поверхности кипятильника и величину теплового потока при пузырьковом режиме кипения воды при атмосферном давлении, если температура поверхности кипятильника $t_c$. Диаметр кипятильника $d$, длина $\ell$.

14. Определить количество водяного пара, которое испаряется из варочного котла в течение часа, если площадь поверхности нагрева котла равна F, а температура стенки котла $t_c$

Котел работает при атмосферном давлении. 27. Определить коэффициент теплоотдачи и плотность теплового потока, отводимого конвективным путем от поверхности горизонтальной трубы диаметром $D$ в пленочном режиме кипения воды при атмосферном давлении, если температура поверхности трубы $t_c$.

7.1.1. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации в НИУ МГСУ.

*Тематика курсового проекта:*

Расчет рекуперативного теплообменного аппарата.

*Типовые варианты задания для курсового проекта:*

*Цель выполнения курсового проекта*: практическое закрепление теоретического курса и приобретение студентами расчетных навыков по теплообменным аппаратам.

*Содержание и объем курсового проекта*:

1. Расчетно-пояснительная записка.

Описание конкретного типа теплообменного аппарата и ряда исходных данных (расчет выполняется для случаев чистых поверхностей теплообмена и для труб, загрязненных отложениями сажи и накипи), необходимых для проведения теплового расчета. Целью теплового расчета является определение поверхности теплообмена (1 стр.), определение всех неизвестных параметров теплообменника по уравнению теплового баланса, вычисление среднего температурного напора (2 стр.), вычисление коэффициентов теплоотдачи от горячего теплоносителя к поверхности теплообмена, коэффициента теплоотдачи от поверхности теплообмена к холодной жидкости, расчет лучистого теплообмена, вычисление коэффициента теплопередачи (3-4 стр.), определение конструктивных размеров теплообменника, выбор числа секций, компоновка теплообменного аппарата (2 стр.), расчет температур теплоносителей вдоль поверхности теплообмена (не менее чем в пяти точках по направлению движения теплоносителей ( 2 стр.), расчет поверхности теплообмена и для труб, загрязненных отложениями сажи и накипи (2-3 стр.). Общий объем пояснительной записки 15 – 16 стр.

2. Графическая часть проекта.

Чертеж рассчитанного рекуператора с правильно подобранным масштабом (1 лист формата А3 или А1). График изменения температур теплоносителей вдоль поверхности теплообмена с указанием масштаба (1лист формата А3 миллиметровой бумаги).

*Примеры оценочных средств для текущего контроля успеваемости* Контролируется выполнение курсового проекта, в т.ч. выполнение ручного счета (если необходимо) с последующей его защитой.

В случае успешного выполнения курсового проекта, студент допускается к его защите. По итогам защиты ставится оценка.

*Вопросы к защите курсовых проектов:*

1. Типы теплообменных аппаратов?
2. Какие уравнения лежат в основе теплового расчета теплообменных аппаратов?
3. Схемы движения теплоносителей. Определение среднего температурного напора.
4. Как определяются коэффициенты теплоотдачи? Уравнения подобия.
5. Как определяется коэффициент теплопередачи теплообменника?
6. Как определяются числа подобия: Nu, Re, Gr, Pr?
7. Как определяется степень черноты газов ?
8. Как определяется эффективная толщина излучающего слоя?
9. Как вычисляется поглощательная способность стенки?
10. Как вычисляются конечные температуры теплоносителей

*Вопросы для оценки качества освоения дисциплины:*
*Примерные вопросы для сдачи экзамена*:

1.Основные понятия и определения – температурное поле, градиент, тепловой поток, плотность теплового потока (q,Q), закон Фурье.

2.Уравнение теплопроводности, условия однозначности.

3.Теплопроводность в плоской стенке (граничные условия 1-ого рода).

4.Теплопередача через плоскую стенку (граничные условия 3-его рода).

5.Теплопроводность в цилиндрической стенке (граничные условия 1-ого рода).

6.Теплопередача через цилиндрическую стенку (граничные условия 3-его рода).

7.Шаровая стенка (граничные условия 1-ого и 3-его рода).

8. Термические сопротивления.

9. Критический диаметр изоляции.

10.Выбор тепловой изоляции по критическому диаметру.

11.Теплопередача через оребренную стенку. Коэффициент оребрения.

12.Нестационарная теплопроводность. Направляющая точка. Физический смысл Bi, Fo.

13. Нестационарная теплопроводность для неограниченной плоской стенки.

14. Нестационарная теплопроводность для бесконечно длинного цилиндра.

15. Нестационарная теплопроводность для шара.

16. Регулярный тепловой режим.

17.Уравнение энергии. Условия однозначности.

18.Уравнения движения. Условия однозначности.

19.Уравнение неразрывности. Условия однозначности.

20.Приведение дифференциальных уравнений к безразмерному виду.

21.Основные положения теории подобия. Теоремы подобия.

22.Физический смысл чисел подобия. Физический смысл отношения Prж/Prст.

23.Коэффициент теплоотдачи.

24.Пограничный слой.

25.Теплоотдача при обтекании плоской поверхности.

26.Теплообмен при течении жидкости в трубах.

27.Теплоотдача при поперечном обтекании одиночной трубы и пучков труб.

28.Теплоотдача при свободном движении.

29. Теплоотдача при кипении.

30.Теплоотдача при конденсации.

31.Теплообмен излучением. Основные понятия и определения (E, Q).

32. Законы излучения Планка и Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгофа.

33. Степень черноты. Закон Ламберта.

34.Теплообмен излучением между неограниченными плоскостями.

35.Теплообмен излучением между телом и его оболочкой.

36.Теплообмен излучением при наличии экранов.

37.Излучение газов и паров. Закон Бугера.

38.Расчет теплообмена между газовой средой и поверхностью.

39.Понятие о сложном теплообмене.

40.Теплообменные аппараты. Классификация. Тепловой расчет. Основные уравнения.

*7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций*

Процедура промежуточной аттестации проходит в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся в НИУ МГСУ.

- Во время аттестационных испытаний обучающиеся могут пользоваться программой учебной дисциплины, а также с разрешения преподавателя справочной и нормативной литературой, калькуляторами.
- Время подготовки ответа при сдаче зачета/экзамена в устной форме должно составлять не менее 40 минут (по желанию обучающегося ответ может быть досрочным). Время ответа – не более 15 минут.
- Экзаменатору предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины текущего семестра, а также, помимо теоретических вопросов, давать задачи, которые изучались на практических занятиях.
- Оценка результатов устного аттестационного испытания объявляется обучающимся в день его проведения

Процедура защиты курсовой работы (проекта) определена Положением о курсовых работах (проектах) ФГБОУ ВПО «МГСУ».

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

*а) основная литература:*

| № п/п | Наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом | Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы, количество страниц | Количество экземпляров печатных изданий | Число обучающихся, одновременно изучающих дисциплину (модуль) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| *Основная литература:* | | | | |
| | | НТБ | | |
| 1 | Тепломассообмен | Мирам А.О., Павленко В.А. Техническая термодинамика. Тепломассообмен. Учебник. - М.: АСВ, 2011 г. | 81 | 200 |
| 2 | | Мирам А.О., Павленко В.А. Теплообменные аппараты. Учебное пособие. - М.: МГСУ, 2011 г. | 30 | 200 |
| | | ЭБС АСВ | | |
| | | | | |
| *Дополнительная литература:* | | | | |
| | | НТБ | | |
| 1 | Тепломассообмен | Кушнырев В.И., Лебедев В.И., Павленко В.А., Техническая термодинамика и теплопередача . М.:Стройиздат, 1986 | 291 | 200 |
| 2 | | Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. 3-е изд. М.: Высш.шк.,1980. | 30 | 200 |
| 3 | | Теплотехника/ Под ред. А.П.Баскакова. М.: Энергоиздат,1982. | 30 | 200 |
| 4 | | Исаченко В.П., Осипов В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергоиздат,1983 | 30 | 200 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 | | Юдаев Б.Н. Техническая термодинамика. Теплопередача. М.: Высш. шк., 1988. | 30 | 200 |
| | | ЭБС АСВ | | |

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

| Наименование ресурса сети «Интернет» | Электронный адрес ресурса |
|---|---|
| «Российское образование» - федеральный портал | http://www.edu.ru/index.php |
| Научная электронная библиотека | http://elibrary.ru/defaultx.asp? |
| Электронная библиотечная система IPRbooks | http://www.iprbookshop.ru/ |
| Федеральная университетская компьютерная сеть России | http://www.runnet.ru/ |
| Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" | http://window.edu.ru/ |
| Научно-технический журнал по строительству и архитектуре «Вестник МГСУ» | http://www.vestnikmgsu.ru/ |
| Научно-техническая библиотека МГСУ | http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/ |
| раздел «Кафедры» на официальном сайте МГСУ | http://www.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/ |

## 10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Организация деятельности обучающегося

1. Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения, помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины.
2. Определение вопросов, терминов, материала, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
3. Уделить внимание следующим понятиям (теплопроводность, теплопередача, теплообмен, теплоотдача, термическое сопротивление и др.).
4. Мирам А.О., Павленко В.А. Теплопередача через многослойную плоскую стенку. Варианты дом. задания. – М.: МГСУ, 2014(имеются на кафедре «Теплотехника и теплогазоснабжение»).
5. Теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку. Варианты дом. задания. – М.: МГСУ, 2014. (имеются на кафедре «Теплотехника и теплогазоснабжение»).
6. Мирам А.О., Павленко В.А. Лабораторные работы по «Технической термодинамике и Тепломассообмену». Методические указания. -М.: МГСУ, 2012 г. (имеются на кафедре «Теплотехника и теплогазоснабжение»).
7. Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания.
8. Ознакомиться со структурой и оформлением курсового проекта.
9. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам.
10. При подготовке к экзамену (зачету) необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу.

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

*11.1. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса*

| № п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Тема | Информационные технологии | Степень обеспеченности (%) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата | Определение коэффициента теплопередачи для теплоообменного аппарата, определение среднего температурного напора. Определение площади поверхности теплообменника. | Электронная почта (для проверки и консультирования) | **100** |

*11.2. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса*

Не предусматривается.

*11.3. Перечень информационных справочных систем*

Информационно-библиотечные системы

| Наименование ИБС | Электронный адрес ресурса |
|---|---|
| Научная электронная библиотека | http://elibrary.ru/defaultx.asp? |
| Электронная библиотечная система IPRbooks | http://www.iprbookshop.ru/ |
| Научно-техническая библиотека МГСУ | http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/ |

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

| № п/п | Вид учебного занятия | Наименование оборудования | № и наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Лекция | Стационарные/мобильные (переносные) наборы демонстрационного оборудования | Аудитории/аудитория для проведения занятий лекционного типа в соответствии с перечнем аудиторного фонда |
| 2. | Практические занятия | Мобильные (переносные) наборы демонстрационного оборудования | Аудитории/аудитория для проведения занятий семинарского типа в соответствии с перечнем аудиторного |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | фонда |
| 3. | Лабораторные работы | Лабораторный стенд «Определение теплоемкости воздуха при атмосферном давлении»<br>Лабораторный стенд «Процессы изменения состояния влажного воздуха»<br>Лабораторный стенд «Определение теплопроводности наружного ограждения здания»<br>Лабораторный стенд «Определение коэффициента теплоотдачи от горизонтальной трубы к воздуху»<br>Лабораторный стенд «Исследование теплоотдачи конвекцией при вынужденном продольном омывании воздухом плоской поверхности (пластины)»<br>Лабораторный стенд «Изучение процессов конвективной теплоотдачи при вынужденном движении воздуха в пучке труб»<br>Лабораторный стенд «Определение коэффициента теплопередачи пароводяного теплообменного аппарата» | 514г УЛБ, Лаборатория "Теплотехники". Лаборатория "Термодинамики и тепломассообмена" |

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования с учетом рекомендаций и примерной основной профессиональной образовательной программой высшего образования по направлению 08.03.01 Строительство.