

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Энергообеспечение предприятий

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


Рабочая программа дисциплины
ТЕПЛОМАССОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ

| | |
|--|---|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.06 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 7 семестр - 7; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 252 часа |
| Лекции | 7 семестр - 48 часа; |
| Практические занятия | 7 семестр - 32 часа; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | 7 семестр - 18 часов; |
| Самостоятельная работа | 7 семестр - 149,2 часа; |
| в том числе на КП/КР | 7 семестр - 51,7 часа; |
| Иная контактная работа | 7 семестр - 4 часа; |
| включая: Тестирование Контрольная работа Решение задач Коллоквиум | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Защита курсового проекта | 7 семестр - 0,3 часа; |
| Экзамен | 7 семестр - 0,5 часа; |
| | всего - 0,8 часа |

Москва 2020

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

| | | |
|---|--|---------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Прун О.Е. |
| | Идентификатор | R6f03a48f-PrunOY-4c8b93cc |

О.Е. Прун


СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

| | | |
|---|--|-----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Пурдин М.С. |
| | Идентификатор | R73e8cc57-PurdinMS-97ce3ae5 |

М.С. Пурдин

Заведующий выпускающей
кафедрой

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Гаряев А.Б. |
| | Идентификатор | R75984319-GariayevAB-a6831ea7 |

А.Б. Гаряев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение тепломассообменного оборудования предприятий для последующего его подбора, расчета, проектирования и эксплуатации

Задачи дисциплины

- изучение основных видов и конструкций тепломассообменного оборудования предприятий и физических процессов, которые в них протекают;
- изучение основных технологических процессов и установок, в которых используется тепломассообменное оборудование предприятий;
- овладение навыками проведения тепловых конструктивных и гидравлических расчетов тепломассообменного оборудования предприятий;
- овладение навыками принятия, обоснования и защиты конкретных решений при выборе и конструировании тепломассообменного оборудования.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|---|--|--|
| ПК-1 Способен участвовать в проектировании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники | ИД-1 _{ПК-1} Способен использовать нормативную документацию при разработке объектов теплоэнергетики и теплотехники | знать: - основные термины, определения и понятия (применительно к тепломассообменному оборудованию предприятий), основные виды теплоносителей, применяемые в тепломассообменном оборудовании, их свойства и характеристики. уметь: - анализировать и использовать информацию о новых типах и конструкциях тепломассообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования. |
| ПК-1 Способен участвовать в проектировании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники | ИД-2 _{ПК-1} Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики и теплотехники | знать: - основные методы расчета тепломассообменного оборудования предприятий, входящего в состав объектов теплоэнергетики и теплотехники. уметь: - использовать программы расчетов характеристик тепломассообменного оборудования; - рассчитывать основные режимные и конструктивные параметры теплоиспользующего тепломассообменного оборудования (сушильных, выпарных, перегонных установок, ректификационных колонн); - рассчитывать процессы смешения в смесительных теплообменниках и |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|--------------------------------|--|--|
| | | аппаратах влажного воздуха; - проводить подбор рекуперативного и регенеративного теплообменного оборудования, выпускаемого отечественными и зарубежными предприятиями, в соответствии с их функциональным назначением и требуемыми характеристиками, а также проводить тепловые и гидравлические расчеты теплообменного оборудования и его отдельных элементов; - составлять и рассчитывать уравнения теплового баланса и теплопередачи для теплообменного оборудования различного назначения. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Энергообеспечение предприятий (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать правила выполнения чертежей
- знать основы термодинамики, тепломассообмена и гидрогазодинамики
- знать основы технологии конструкционных материалов
- уметь выполнять чертежи основных элементов конструкции промышленных аппаратов
- уметь определять и рассчитывать режимы течения жидкостей
- уметь рассчитывать тепловые потоки, передаваемые через разделяющую жидкости стенку
- уметь выбирать материалы элементов конструкции аппаратов

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания |
|-------|--|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|---|
| | | | | Контактная работа | | | | | | | СР | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету | 15.5 | 7 | 8 | - | - | - | - | - | - | - | 7.5 | - | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету"</p> <p><u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные параметры теплообменника, выбрать его конструкцию, а также продумать технологическую схему, в которую может быть включен рассчитываемый теплообменный аппарат. Курсовой проект предусматривает расчетно-пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: тепловой мощности аппарата, неизвестных величин теплового баланса, коэффициента теплопередачи, эффективности теплообменного аппарата, температурного напора, площади поверхности теплообмена: требуемой и действительной, компоновка конструкции, падение давлений по теплоносителям и затраты электрической мощности на их прокачку</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Виды теплообменного оборудования и общие</p> |
| 1.1 | Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий | 7.7 | | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 3.7 | - | |
| 1.2 | Виды и методы расчета тепломассообменного оборудования | 7.8 | | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 3.8 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------------------------------|----|----|---|----|---|---|---|---|---|----|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | <p>подходы к их расчету и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету"</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются задачи, разбираемые преподавателем на практических занятиях</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 5-51 [2], 142 [4], 6-19</p> |
| 2 | Теплопередающие установки | 74 | 23 | - | 20 | - | - | - | - | - | 31 | - | <p><u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные параметры теплообменника, выбрать его конструкцию, а также продумать технологическую схему, в которую может быть включен рассчитываемый теплообменный аппарат. Курсовой проект предусматривает расчетно-пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: тепловой мощности аппарата, неизвестных величин теплового баланса, коэффициента теплопередачи, эффективности теплообменного аппарата, температурного напора, площади</p> |
| 2.1 | Рекуперативные теплообменные аппараты | 36 | 12 | - | 12 | - | - | - | - | - | 12 | - | |
| 2.2 | Регенеративные теплообменные аппараты | 14 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | 11 | - | |
| 2.3 | Смесительные теплообменники | 24 | 8 | - | 8 | - | - | - | - | - | 8 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------------------------------|------|----|---|----|---|---|---|---|---|------|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | <p>поверхности теплообмена: требуемой и действительной, компоновка конструкции, падение давлений по теплоносителям и затраты электрической мощности на их прокачку</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Теплопередающие установки"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Теплопередающие установки и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Теплопередающие установки"</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Теплопередающие установки". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются задачи, разбираемые преподавателем на практических занятиях</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 13-104, 146-165 [2], 152-171 [3], 12-73 [4], 20-57 [6], 11-27</p> |
| 3 | Теплоиспользующие установки | 39.5 | 15 | - | 10 | - | - | - | - | - | 14.5 | - | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Теплоиспользующие установки"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Теплоиспользующие установки и подготовка</p> |
| 3.1 | Выпарные установки | 12.8 | 6 | - | 3 | - | - | - | - | - | 3.8 | - | |
| 3.2 | Сушильные установки | 12.7 | 5 | - | 3 | - | - | - | - | - | 4.7 | - | |
| 3.3 | Перегонные и ректификационные | 14 | 4 | - | 4 | - | - | - | - | - | 6 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-------|----|---|----|----|---|---|---|-----|-------|------|--|
| | установки | | | | | | | | | | | | к контрольной работе <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Теплоиспользующие установки" <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Теплопередающие установки". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются задачи, разбираемые преподавателем на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 104-142, 166-258 [2], 177-240 [3], 88-225 |
| 4 | Специальные вопросы | 15 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 11 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Специальные вопросы" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 74-87 [5], глава 25 |
| 4.1 | Вспомогательное оборудование теплоиспользующих установок. Подбор основного и вспомогательного оборудования. | 7 | 2 | - | 1 | - | - | - | - | - | 4 | - | |
| 4.2 | Микроканальные теплообменные аппараты | 8 | - | - | 1 | - | - | - | - | - | 7 | - | |
| | Экзамен | 36.0 | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.5 | |
| | Курсовой проект (КП) | 72.0 | - | - | - | 16 | - | 4 | - | 0.3 | 51.7 | - | |
| | Всего за семестр | 252.0 | 48 | - | 32 | 16 | 2 | 4 | - | 0.8 | 115.7 | 33.5 | |
| | Итого за семестр | 252.0 | 48 | - | 32 | 18 | | 4 | | 0.8 | 149.2 | | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам

дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету

1.1. Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий

Теплопередающие и теплоиспользующие установки. Классификация теплообменных аппаратов по принципу действия (рекуперативные, регенеративные, смешительные), по виду взаимного движения теплоносителей (прямоточные, перекрестного тока, противоточные), по назначению. Аппараты периодического и непрерывного действия. Теплоносители, их свойства и характеристики, ориентировочные значения коэффициентов теплоотдачи, рабочие температуры и давления. Рекомендуемые скорости движения основных теплоносителей в теплообменных аппаратах..

1.2. Виды и методы расчета тепломассообменного оборудования

Виды расчета теплообменников: тепловой конструктивный, поверочный, гидравлический, прочностной, технико-экономический. Классификация методов расчета теплообменных аппаратов. Основные инженерные методы расчета теплообменных аппаратов. Оптимизация конструктивных и режимных параметров при расчете тепломассообменного оборудования..

2. Теплопередающие установки

2.1. Рекуперативные теплообменные аппараты

Рекуперативные теплообменные аппараты, их классификация, назначение и области применения. Основные конструкции: кожухотрубные, секционные теплообменники, теплообменники с оребренными трубами, пластинчатые теплообменники, их виды, змеевиковые и спиральные теплообменники. Схемы относительного движения теплоносителей. Распределение температур в трубах и каналах теплообменников. Эффективность теплообменников. Последовательность теплового конструктивного расчета теплообменника. Особенности расчета теплообменников с фазовыми переходами теплоносителя. Особенности расчета теплообменников в случае зависимости коэффициента теплоотдачи от температуры поверхности теплообмена. Теплообменные аппараты с оребрением поверхности. Технологии оребрения. Характеристики ребер. Расчет теплообменников с оребрением. Рекуперативные теплообменники периодического действия. Температурные графики и расчет рекуперативных теплообменников периодического действия. Тепловые трубы. Теплообменные аппараты на тепловых трубах. Методы интенсификации теплообмена в рекуперативных теплообменниках..

2.2. Регенеративные теплообменные аппараты

Регенеративные теплообменные аппараты, область их применения, конструкции и принцип действия. Преимущества и недостатки регенеративных теплообменников по сравнению с рекуперативными. Теплообменники с неподвижной и подвижной насадками. Виды применяемых насадок. Изменение температур в насадке регенеративного теплообменника. Коэффициент аккумуляции насадки. Тепловой расчет регенеративных теплообменников. Виды теплообмена в регенераторе. Расчет коэффициента теплопередачи в регенераторе. Температурный гистерезис. Сравнение тепловой эффективности работы регенератора и рекуператора. Влияние характеристик насадки на тепловую эффективность регенератора..

2.3. Смесительные теплообменники

Смесительные теплообменные аппараты. Принцип действия, области применения и конструкции смесительных теплообменников. Полые, насадочные, пенные скрубберы. Смесительные теплообменники со взвешенным слоем насадки. Скрубберы Вентури. Контактные аппараты с активной насадкой (КТАН). Испарители и конденсаторы смесительного типа. Оросительные камеры центральных кондиционеров. Расчет смесительных теплообменников. Диаграмма «энтальпия-влажность» (H-d) влажного воздуха. Основные процессы обработки воздуха в H-d диаграмме. Процессы обработки воздуха в прямоточных и противоточных скрубберах. Тепловой баланс смесительного аппарата. Построение процесса изменения состояния воздуха в смесительном теплообменнике. Средняя разность температур в смесительном теплообменнике. Коэффициенты теплопередачи в смесительных теплообменниках. Конденсационные теплообменники для глубокой утилизации теплоты влажных газов: продуктов сгорания, вентиляционных выбросов, отработанного сушильного агента; конструкции, принцип действия, методы расчета. Системы оборотного водоснабжения промышленных предприятий. Вентиляторные, башенные, атмосферные и радиаторные градирни. Их конструкции и сравнение. Методы и особенности расчета градирен. Аппараты воздушного охлаждения..

3. Теплоиспользующие установки

3.1. Выпарные установки

Выпарные, опреснительные, кристаллизационные и испарительные установки, их назначение, виды и принцип действия. Основные конструкции выпарных аппаратов. Физико-химические и термодинамические основы процессов выпаривания и кристаллизации. Свойства растворов. Тепловые схемы выпарных и опреснительных установок, методика расчета. Материальный и тепловой балансы. Температурные депрессии. Располагаемая и полезная разности температур и ее распределение по ступеням многоступенчатой выпарной установки. Особенности расчета греющих камер. Выпарные аппараты адиабатного вскипания. Аппараты погружного горения. Область их применения..

3.2. Сушильные установки

Сушильные установки. Понятие о процессе сушки. Виды сушки материалов. Сушильные установки, их конструкции и принцип действия. Сушильные агенты. Формы связи влаги с материалом. Классификация влажных материалов и принципиальные схемы установок для их сушки. Основы кинетики и динамики сушки. Первый и второй периоды сушки материалов. Равновесное и критическое влагосодержание. Методы расчета времени сушки в ее первом и втором периодах. Тепловой и материальный баланс конвективной сушильной установки. Построение процесса сушки в H-d диаграмме влажного газа. Способы интенсификации процесса сушки..

3.3. Перегонные и ректификационные установки

Перегонные и ректификационные установки. Конструкции и принцип действия Физико-химические и термодинамические основы процессов перегонки и ректификации. Виды смесей жидких компонентов. Идеальные смеси. Закон Рауля. Фазовые диаграммы состояния смесей жидкостей, их построение. Азеотропия. Простая и непрерывная перегонка. Уравнение простой перегонки. Основы кинематики массообмена. Материальный и тепловой баланс ректификационной колонны. Флегмовое число. Рабочие линии ректификационной колонны. Определение затрат энергии на разделение смеси в колонне. Определение числа тарелок в колонне..

4. Специальные вопросы

4.1. Вспомогательное оборудование теплоиспользующих установок. Подбор основного и вспомогательного оборудования.

Основные виды и назначение вспомогательного оборудования. Назначение и основные виды конденсатоотводчиков, принцип действия. Оборудование для перемещения газов и жидкостей, его виды и характеристики. Выбор вспомогательного оборудования. Основы подбора и расчета стандартного оборудования. Порядок выбора оборудования из каталогов. Поверочный расчет теплообменного оборудования..

4.2. Микроканальные теплообменные аппараты

Области применения микроканальных устройств: устройства с и без переноса теплоты. Особенности микроканальных технических устройств и процессов в них. Характерные задачи теплообмена при течении в микроканалах: влияние теплопроводности жидкости и стенки вдоль оси канала, влияние термического сопротивления стенки. Оптимизация микроканальных теплообменников..

3.3. Темы практических занятий

1. Сушильные установки. Тепловой и материальный баланс. Расчет кинетики процессов сушки в первом периоде;
2. Тепловой расчет смесительных теплообменников. Скрубберы;
3. Расчеты физико-химических свойств растворов солей. Определение температурных депрессий;
4. Расчет греющей камеры выпарной установки;
5. Расчет многокорпусной выпарной установки;
6. Построение фазовых диаграмм и диаграмм равновесия для жидких смесей;
7. Определение числа теоретических тарелок в ректификационной колонне;
8. Основные соотношения для расчета процессов теплообмена и гидродинамики в теплообменных аппаратах. Уравнения теплового баланса и теплопередачи;
9. Распределение температур в теплообменниках;
10. Расчет теплообменников методом среднего логарифмического температурного напора;
11. Конденсаторы. Расчет по зонам;
12. Метод эффективности – числа единиц переноса;
13. Расчет теплообменников с оребрением;
14. Влажный воздух. H-d-диаграмма влажного воздуха.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Теплопередающие установки"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теплопередающие установки"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теплоиспользующие установки"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Специальные вопросы"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету"
2. Консультации проводятся по разделу "Теплопередающие установки"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

7 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- Расчет рекуперативного теплообменного аппарата

График выполнения курсового проекта

| Неделя | 1 - 8 | 9 - 12 | 13 - 14 | 15 | Зачетная |
|---|-------|--------|---------|-----|--------------------------|
| Раздел курсового проекта | 1 | 2 | 3 | 4 | Защита курсового проекта |
| Объем раздела, % | 30 | 30 | 10 | 30 | - |
| Выполненный объем нарастающим итогом, % | 30 | 60 | 70 | 100 | - |

| Номер раздела | Раздел курсового проекта |
|---------------|---------------------------------------|
| 1 | Тепловой расчет |
| 2 | Компоновочный и гидравлический расчет |
| 3 | Подготовка РПЗ |
| 4 | Подготовка чертежей |

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | | Оценочное средство (тип и наименование) |
|--|------------------|---|---|---|---|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Знать: | | | | | | |
| основные термины, определения и понятия (применительно к теплообменному оборудованию предприятий), основные виды теплоносителей, применяемые в теплообменном оборудовании, их свойства и характеристики | ИД-1ПК-1 | + | + | | | Тестирование/Тест №1 «Классификация теплообменного оборудования. Основные определения и понятия» |
| основные методы расчета теплообменного оборудования предприятий, входящего в состав объектов теплоэнергетики и теплотехники | ИД-2ПК-1 | + | + | + | + | Коллоквиум/Коллоквиум «Основы проектирования и расчета теплообменных аппаратов» |
| Уметь: | | | | | | |
| анализировать и использовать информацию о новых типах и конструкциях теплообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования | ИД-1ПК-1 | + | + | + | | Тестирование/Тест №3 «Принцип действия теплообменных аппаратов» - тест по лекциям |
| составлять и рассчитывать уравнения теплового баланса и теплопередачи для теплообменного оборудования различного назначения | ИД-2ПК-1 | + | + | + | + | Решение задач/Расчетное задание «Теплообменные аппараты - решение практических задач» |
| проводить подбор рекуперативного и регенеративного теплообменного оборудования, выпускаемого отечественными и зарубежными предприятиями, в соответствии с их функциональным назначением и требуемыми характеристиками, а также проводить тепловые и гидравлические расчеты теплообменного оборудования и его отдельных элементов | ИД-2ПК-1 | + | + | | | Контрольная работа/Контрольная работа №1 «Расчет рекуперативных теплообменников» |
| рассчитывать процессы смешения в смесительных теплообменниках и аппаратах влажного воздуха | ИД-2ПК-1 | + | + | | | Тестирование/Тест №2 «Параметры влажного воздуха» |
| рассчитывать основные режимные и конструктивные параметры теплоиспользующего теплообменного оборудования (сушильных, выпарных, перегонных установок, ректификационных | ИД-2ПК-1 | + | | + | + | Контрольная работа/Контрольная работа №2 «Расчет выпарных, сушильных и перегонных установок» |

| | | | | | | |
|---|----------|---|---|---|---|---|
| КОЛОНН) | | | | | | |
| использовать программы расчетов характеристик теплообменного оборудования | ИД-2ПК-1 | + | + | + | + | Решение задач/Расчетное задание «Теплообменные аппараты - решение практических задач» |

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

7 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 «Расчет рекуперативных теплообменников» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2 «Расчет выпарных, сушильных и перегонных установок» (Контрольная работа)
3. Расчетное задание «Тепломассообменные аппараты - решение практических задач» (Решение задач)
4. Тест №1 «Классификация теплообменного оборудования. Основные определения и понятия» (Тестирование)
5. Тест №2 «Параметры влажного воздуха» (Тестирование)
6. Тест №3 «Принцип действия теплообменных аппаратов» - тест по лекциям (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Коллоквиум «Основы проектирования и расчета теплообменных аппаратов» (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №7)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. В приложение к диплому выносятся оценка за 7 семестр и за курсовой проект

Курсовой проект (КП) (Семестр №7)

Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ». В приложение к диплому выносятся оценка за 7 семестр и за курсовой проект

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Промышленные тепломассообменные процессы и установки : Учебник для вузов по специальности "Промышленная теплоэнергетика" / Ред. А. М. Бакластов . – М. : Энергоатомиздат, 1986 . – 328 с.;

2. Теплоэнергетика и теплотехника: Кн.4. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника : справочник / А. М. Бакластов, и др. ; Общ. ред. В. А. Григорьев, В. М. Зорин . – 2-е изд., перераб . – М. : Энергоатомиздат, 1991 . – 588 с.;
3. Лебедев, П. Д. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий (курсовое проектирование) : Учебное пособие для энергетических вузов и факультетов / П. Д. Лебедев, А. А. Щукин . – М. : Энергия, 1970 . – 408 с.;
4. Расчет кожухотрубных теплообменных аппаратов : учебное пособие по курсу "Тепломассообменное оборудование предприятий" по направлению 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" / А. Б. Горяев, Е. П. Валуева, А. Ю. Маскинская, О. Е. Прун, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 84 с. - ISBN 978-5-7046-2199-7 .
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10983>;
5. Солодов, А. П. Тепломассообмен в энергетических установках. Инженерные методы расчета. Электронный курс : учебное пособие по курсам "Тепломассообмен", "Тепломассообмен в оборудовании АЭС" по направлениям "Ядерная энергетика и теплофизика", "Теплоэнергетика и теплотехника" / А. П. Солодов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2015 . – 124 с. - ISBN 978-5-7046-1636-8 .
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=6989>;
6. Аверкин А. Г.- "I-d-диаграмма влажного воздуха и ее применение при проектировании технических устройств", (2-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (192 с.)
<https://e.lanbook.com/book/222629>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Latex;
6. Notepad++;
7. Python.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. База данных издательства Annual Reviews Science Collection - <https://www.annualreviews.org/>
12. База данных Association for Computing Machinery Digital Library - <https://dl.acm.org/about/content>
13. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>

14. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>

15. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>

16. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>

17. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|--|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Г-400, Учебная аудитория | парта, скамья, стол преподавателя, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Г-419, Учебная аудитория | парта, стол преподавателя, стул, доска меловая |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Г-419, Учебная аудитория | парта, стол преподавателя, стул, доска меловая |
| Помещения для самостоятельной работы | НТБ-303, Компьютерный читальный зал | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер |
| Помещения для консультирования | В-104-3, Учебная аудитория каф. "ТМПУ" | парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | В-02, Архив | стеллаж для хранения книг, стол для работы с документами, стул |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Тепломассообменное оборудование предприятий

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест №1 «Классификация теплообменного оборудования. Основные определения и понятия» (Тестирование)
- КМ-2 Контрольная работа №1 «Расчет рекуперативных теплообменников» (Контрольная работа)
- КМ-3 Тест №2 «Параметры влажного воздуха» (Тестирование)
- КМ-4 Тест №3 «Принцип действия теплообменных аппаратов» - тест по лекциям (Тестирование)
- КМ-5 Контрольная работа №2 «Расчет выпарных, сушильных и перегонных установок» (Контрольная работа)
- КМ-6 Расчетное задание «Тепломассообменные аппараты - решение практических задач» (Решение задач)
- КМ-7 Коллоквиум «Основы проектирования и расчета теплообменных аппаратов» (Коллоквиум)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 8 | 10 | 12 | 14 | 15 | 15 |
| 1 | Виды теплообменного оборудования и общие подходы к их расчету | | | | | | | | |
| 1.1 | Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий | | + | + | + | + | + | + | + |
| 1.2 | Виды и методы расчета тепломассообменного оборудования | | + | + | + | | | + | + |
| 2 | Теплопередающие установки | | | | | | | | |
| 2.1 | Рекуперативные теплообменные аппараты | | + | + | | + | | + | + |
| 2.2 | Регенеративные теплообменные аппараты | | + | + | | + | | + | + |
| 2.3 | Смесительные теплообменники | | | | + | + | | + | + |
| 3 | Теплоиспользующие установки | | | | | | | | |
| 3.1 | Выпарные установки | | | | | + | + | + | + |
| 3.2 | Сушильные установки | | | | | + | + | + | + |
| 3.3 | Перегонные и ректификационные установки | | | | | + | + | + | + |
| 4 | Специальные вопросы | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|------------|--|----|----|----|----|----|---|----|
| 4.1 | Вспомогательное оборудование теплоиспользующих установок. Подбор основного и вспомогательного оборудования. | | | | | + | + | + |
| 4.2 | Микроканальные теплообменные аппараты | | | | | | + | + |
| Вес КМ, %: | | 12 | 20 | 10 | 12 | 20 | 1 | 25 |

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Тепломассообменное оборудование предприятий

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

КМ-1 Контроль выполнения теплового расчета

КМ-2 Контроль выполнения компоновочного и гидравлического расчетов, эскизов чертежей

КМ-3 Контроль выполнения РПЗ

КМ-4 Контроль выполнения чертежей

Вид промежуточной аттестации – защита КП.

| Номер раздела | Раздел курсового проекта/курсовой работы | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 8 | 12 | 14 | 15 |
| 1 | Тепловой расчет | | + | | | |
| 2 | Компоновочный и гидравлический расчет | | | + | | |
| 3 | Подготовка РПЗ | | | | + | |
| 4 | Подготовка чертежей | | | | | + |
| Вес КМ, %: | | | 30 | 30 | 10 | 30 |