

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
в г. Смоленске
по учебно-методической работе
В.В. Рожков
« / « / 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕПЛОМАСООБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Бакалаврская программа: Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 4 года

Смоленск – 2016 г.

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

Целью освоения дисциплины является подготовка обучающихся к научно-исследовательской деятельности по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

Задачами дисциплины является изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

Дисциплина направлена на формирование следующих профессиональных компетенций:

ПК-1 – «способность участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией»

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- физическую сущность тепловых и массообменных процессов в теплотехническом оборудовании (ПК-1);
- правила оформления курсовых проектов (ПК-1).

Уметь:

- анализировать и обрабатывать технические данные на курсовой проект (ПК-1);
- использовать современные источники для сбора информации для выполнения курсового проекта и пользоваться нормативной документацией (ПК-1).

Владеть:

- методологией подбора и анализа исходных данных для курсового проекта (ПК-1);
- современными методами пользования нормативной документацией и прочими ресурсами (ПК-1).

ПК-2 – «способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием».

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- типовые методики технико-экономического обоснования систем теплоснабжения (ПК-2);

– способы и подходы к самостоятельной работе по решению задач в области теплоэнергетики и теплотехники (ПК-2).

Уметь:

– пользоваться знаниями, полученными в процессе изучения дисциплины для решения технических проблем, возникающих в процессе нахождения решений поставленных технических задач (ПК-2);

– пользоваться средствами автоматизации для проектирования технологического оборудования в соответствии с техническим заданием (ПК-2).

Владеть:

– методами, способами и средствами обработки и хранения информации с использованием современных систем автоматизации для индивидуального принятия решений в области теплоэнергетики и теплотехники (ПК-2).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к вариативной части цикла Б1 образовательной программы подготовки бакалавров по бакалаврской программе «Энергообеспечение предприятий», направления «Теплоэнергетика и теплотехника».

В соответствии с учебным планом по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника» дисциплина «Тепломассообменное оборудование предприятий» базируется на следующих дисциплинах:

Б1.Б.12 «Механика»;

Б1.Б.15 «Электротехника и электроника»;

Б1.Б.16 «Гидрогазодинамика»;

Б1.В.ОД.9 «Котельные установки и парогенераторы»;

Б1.В.ОД.11 «Нагнетатели и тепловые двигатели»;

Б1.В.ОД.12 «Источники и системы теплоснабжения. Часть 1: Источники производства тепла»;

Б1.В.ДВ.5.1 «Основы трансформации тепла»;

Б1.В.ДВ.5.2 «Системы хладоснабжения объектов теплоэнергетики»;

Б1.В.ДВ.6.1 «Теплотехнологические процессы и установки»;

Б1.В.ДВ.6.2 «Высокотемпературные установки промышленных предприятий»;

Б1.В.ДВ.11.1 «Электрические машины и аппараты»;

Б1.В.ДВ.11.2 «Электромеханические преобразователи в теплоэнергетике»;

Приобретенные в результате изучения дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» знания, умения и навыки являются неотъемлемой частью формируемых у выпускника компетенций в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника» и будут необходимы при написании вы-

пусковой бакалаврской работы и дальнейшего обучения по программе магистратуры, а также будут использованы при изучении дисциплин:

- Б1.В.ОД.13 «Источники и системы теплоснабжения. Часть 2: Системы теплоснабжения потребителей тепла»;
- Б1.В.ОД.15 «Электроснабжение предприятий и электропривод»;
- Б1.В.ДВ.8.2 «Использование системы автоматизированного проектирования в теплоэнергетике»;
- Б1.В.ДВ.9.1 «Инженерные сети зданий и сооружений»;
- Б1.В.ДВ.9.2 «Системы теплоснабжения и вентиляции»;
- Б1.В.ДВ.10.1 «Технологические энергосистемы предприятий»;
- Б1.В.ДВ.10.2 «Системы производства и распределения энергоносителей на промышленных предприятиях»;
- Б2.П.3 Научно-исследовательская работа;
- Б2.П.4 Преддипломная практика;
- Б3. Государственная итоговая аттестация.

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

Аудиторная работа

Цикл:	Б1	Семестр
Часть цикла:	Вариативная	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.ОД.14	
Часов (всего) по учебному плану:	180	7 семестр
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	5	7 семестр
Лекции (ЗЕТ, часов)	0,5,18	7 семестр
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	1,36	7 семестр
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	0,5,18	7 семестр
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	2, 72	7 семестр
Экзамен (ЗЕТ, часов)	1, 36	7 семестр

Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	0.25, 9
Подготовка к практическим занятиям (пз)	0.25, 9
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы (лаб)	0.5, 18
Выполнение расчетно-графической работы (реферата)	–
Выполнение курсового проекта (работы)	1, 36
Подготовка к контрольным работам	-
Подготовка к тестированию	-
Всего:	2, 72
Подготовка к экзамену	1, 36

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических и видов учебных занятий

№ п/п	Темы дисциплины	Всего часов на тему	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоёмкость (в часах)				
			лк	пр	лаб	СРС	в т.ч. интеракт.
1	Тема 1. Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий	12	2	4	–	6	–
2	Тема 2. Виды и методы расчета теплообменного оборудования	16	2	6	–	8	–
3	Тема 3. Рекуперативные теплообменные аппараты	26	2	2	12	10	4
4	Тема 4. Регенеративные теплообменные аппараты	14	2	4	–	8	4
5	Тема 5. Смесительные теплообменники	14	2	4	–	8	–
6	Тема 6. Выпарные установки	14	2	4	–	8	4
7	Тема 7. Сушильные установки	14	2	4	–	8	4
8	Тема 8. Перегонные и ректификационные аппараты	12	2	4	–	6	4

№ п/п	Темы дисциплины	Всего часов на тему	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах)				
			лк	пр	лаб	СРС	в т.ч. интеракт.
	ные установки						
9	Тема 9. Вспомогательное оборудование теплоиспользующих остановок. Подбор основного и вспомогательного оборудования	22	2	4	6	10	–
Всего 180 часов по видам учебных занятий (с учетом 36 часов контроля)			18	36	18	72	20

Содержание по видам учебных занятий

Тема 1. Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий

Лекция 1. Теплопередающие и теплоиспользующие установки. Классификация теплообменных аппаратов. Аппараты периодического и непрерывного действия. Классификация теплоиспользующих установок. (2 часа).

Практическое занятие 1. Основные расчетные соотношения для расчета процессов теплообмена и гидродинамики в теплообменных аппаратах. Уравнения теплового баланса и теплопередачи. (4 часа).

Самостоятельная работа 1. Проработка лекционного материала и подготовка к практическому занятию. Подготовка к текущему контролю знаний, выполнение курсовой работы (всего к теме №1 – 6 часов). Подготовка к промежуточной аттестации.

Текущий контроль – устный опрос по теме при подготовке к практическому занятию, защита лабораторной работы, текущие консультации по курсовой работе.

Тема 2. Виды и методы расчета тепломассообменного оборудования

Лекция 2. Виды расчета теплообменников. Классификация методов расчета теплообменных аппаратов. Основные инженерные методы расчета теплообменных аппаратов. Оптимизация конструктивных и режимных параметров при расчете тепломассообменного оборудования. (2 часа).

Практическое занятие 2. Тепловой конструктивный расчет рекуперативных теплообменников. (4 часа).

Практическое занятие 3. Компонентный расчет трубчатых теплообменников. (2 часа).

Самостоятельная работа 2. Подготовка к практическому занятию. Выполнение курсовой работы (всего к теме №2 – 8 часов). Подготовка к промежуточной аттестации.

Текущий контроль – устный опрос по теме при подготовке к практическому занятию, текущие консультации по курсовой работе.

Тема 3. Рекуперативные теплообменные аппараты

Лекция 3. Рекуперативные теплообменные аппараты, их классификация, назначение и области применения. Основные конструкции. Схемы относительного движения теплоносителей. Распределение температур в трубах и каналах теплообменников. Теплообменные аппараты с оребрением поверхности. Технологии оребрения. Характеристики ребер. Расчет теплообменников с оребрением. Рекуперативные теплообменники периодического действия. Тепловые трубы. Теплообменные аппараты на тепловых трубах. (2 часа).

Практическое занятие 4. Гидравлический расчет рекуперативных теплообменников. (2 часа).

Лабораторная работа 1. Изучение работы секционного теплообменника. (6 часов).

Лабораторная работа 2. Анализ эффективности работы пластинчатых теплообменных аппаратов на основе показателей теплоэнергетической эффективности. (6 часов).

Самостоятельная работа 3. Подготовка к практическому занятию. Выполнение курсовой работы (всего к теме №3 – 10 часов). Подготовка к промежуточной аттестации.

Текущий контроль – устный опрос по теме при подготовке к практическому занятию, текущие консультации по курсовой работе.

Тема 4. Регенеративные теплообменные аппараты

Лекция 4. Регенеративные теплообменные аппараты. 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. Влияние характеристик насадки на тепловую эффективность регенератора. (2 часа).

Практическое занятие 5. Расчет теплообменников с оребрением. (2 часа).

Практическое занятие 6. Расчет конденсационных теплообменных аппаратов для глубокой утилизации теплоты влажных газов. (2 часа).

Самостоятельная работа 4. Подготовка к практическому занятию. Выполнение курсовой работы (всего к теме №4 – 8 часов). Подготовка к промежуточной аттестации.

Текущий контроль – устный опрос по теме при подготовке к практическому занятию, текущие консультации по курсовой работе.

Тема 5. Смесительные теплообменники.

Лекция 5. Смесительные теплообменные аппараты. Принцип действия, области применения и конструкции смесительных теплообменников. Скрубберы Вентури. Контактные аппараты с активной насадкой (КТАН). 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. Деаэраторы, их назначение, виды, конструкции, принципы действия, основы расчета. (2 часа).

Практическое занятие 7. Тепловой расчет смесительных теплообменников. (2 часа).

Практическое занятие 8. Диаграмма «энтальпия- влажность» для влажных газов. (2 часа).

Самостоятельная работа 5. Подготовка к практическому занятию. Выполнение курсовой работы (всего к теме №5 – 8 часов). Подготовка к промежуточной аттестации.

Текущий контроль – устный опрос по теме при подготовке к практическому занятию, текущие консультации по курсовой работе.

Тема 6. Выпарные установки

Лекция 6. Выпарные, опреснительные, кристаллизационные и испарительные установки, их назначение, виды и принцип действия. Основные конструкции выпарных аппаратов. Свойства растворов. Тепловые схемы выпарных и опреснительных установок, методика расчета. Материальный и тепловой балансы. Температурные депрессии. Особенности расчета греющих камер. Выпарные аппараты адиабатного вскипания. Аппараты погружного горения. Область их применения. (2 часа).

Практическое занятие 9. Расчет однокорпусной выпарной установки. (2 часа).

Практическое занятие 10. Расчет греющей камеры выпарной установки. (2 часа)

Самостоятельная работа 6. Подготовка к практическому занятию. Выполнение курсовой работы (всего к теме №6 – 8 часов). Подготовка к промежуточной аттестации.

Текущий контроль – устный опрос по теме при подготовке к практическому занятию, текущие консультации по курсовой работе.

Тема 7. Сушильные установки

Лекция 7. Сушильные установки. Понятие о процессе сушки. Виды сушки материалов. Сушильные установки, их конструкции и принцип действия. Сушильные агенты. Основы кинетики и динамики сушки. Тепловой и материальный баланс конвективной сушильной установки. Построение процесса сушки в $H-d$ диаграмме влажного газа. Способы интенсификации процесса сушки. (2 часа).

Практическое занятие 11. Расчет кинетики процессов сушки в первом и втором периодах. (2 часа).

Практическое занятие 12. Тепловой и материальный баланс конвективной сушильной установки. (2 часа).

Самостоятельная работа 7. Подготовка к практическому занятию. Выполнение курсовой работы (всего к теме №7 – 8 часов). Подготовка к промежуточной аттестации.

Текущий контроль – устный опрос по теме при подготовке к практическому занятию, текущие консультации по курсовой работе.

Тема 8. Перегонные и ректификационные установки

Лекция 8. Перегонные и ректификационные установки. Физико-химические и термодинамические основы процессов перегонки и ректификации. Фазовые диаграммы состояния смесей жидкостей, их построение. Основы кинематики массообмена. Материальный и тепловой баланс ректификационной колонны. Флегмовое число. Принципиальные схемы абсорбционных установок. Материальный и тепловой баланс абсорбера. (2 часа).

Практическое занятие 13. Построение фазовых диаграмм и диаграмм равновесия для жидких смесей. Определение числа теоретических тарелок в ректификационной колонне. (4 часа).

Самостоятельная работа 8. Подготовка к практическому занятию. Выполнение курсовой работы (всего к теме №8 – 6 часов). Подготовка к промежуточной аттестации.

Текущий контроль – устный опрос по теме при подготовке к практическому занятию, текущие консультации по курсовой работе.

Тема 9. Вспомогательное оборудование теплоиспользующих остановок. Подбор основного и вспомогательного оборудования

Лекция 9. Основные виды и назначение вспомогательного оборудования. Фильтры. Сепараторы. Выбор вспомогательного оборудования. Основы подбора и расчета стандартного оборудования. Поверочный расчет теплообменного оборудования. (2 часа).

Практическое занятие 14. Подбор теплообменного оборудования. (4 часа).

Лабораторная работа 3. Экспериментальное определение КПД пылеочистного устройства. (6 часов).

Самостоятельная работа 9. Подготовка к практическому занятию. Выполнение курсовой работы (всего к теме №9 – 10 часов). Подготовка к промежуточной аттестации.

Текущий контроль – устный опрос по теме при подготовке к практическому занятию, текущие консультации по курсовой работе.

Лекционные и лабораторные занятия (в количестве 20 часов) проводятся в интерактивной форме в виде презентаций с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, видео, слайдов, компьютеров с последующим обсуждением материалов. Перед презентацией перед обучаемыми ставится несколько (3-5) ключевых вопросов. Можно останавливать презентацию на заранее намеченных позициях и проводить дискуссию. По окончании презентации необходимо обязательно совместно со студентами подвести итоги и озвучить извлеченные выводы.

При проведении лабораторных работ (в количестве 4 часа) в качестве интерактивных методов предусмотрено применение работы в малых группах.

Работа в малых группах – это одна из самых популярных стратегий, так как она дает всем обучающимся возможность участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения (в частности, умение активно слушать, вырабатывать общее мнение, разрешать возникающие разногласия).

Промежуточная аттестация по дисциплине: экзамен

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом. Экзамен проводится в соответствии с Положением о зачетной и экзаменационной сессиях в НИУ МЭИ и инструктивным письмом от 14.05.2012 г. № 21-23.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для обеспечения самостоятельной работы разработаны:
методические указания к самостоятельной работе;
методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Теплообменное оборудование предприятий»;
демонстрационные слайды лекций по дисциплине.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции: ПК-1, ПК-2.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов).
2. Приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе решения конкретных технических задач на практических занятиях, лабораторных работах, выполнении расчетного задания, успешной сдачи экзамена.

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описания шкал оценивания

Сформированность компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- эталонный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

При достаточном качестве освоения более 80% приведенных знаний, умений и навыков преподаватель оценивает освоение данной компетенции в рамках настоящей дисциплины на эталонном уровне, при освоении более 60% приведенных знаний, умений и навыков – на продвинутом, при освоении более 40% приведенных знаний, умений и навыков - на пороговом уровне. В противном случае компетенция в рамках настоящей дисциплины считается неосвоенной.

Уровень сформированности каждой компетенции на различных этапах ее формирования в процессе освоения данной дисциплины оценивается в ходе текущего контроля успеваемости и представлен различными видами оценочных средств.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции ПК-1 – «способность участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией» преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в курсовом проекте. Учитываются ответы студента на вопросы во время защиты курсового проекта.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- физической сущности тепловых и массообменных процессов в теплотехническом оборудовании;
- правил оформления курсовых проектов.

умения:

- анализировать и обрабатывать технические данные на курсовой проект;
- использовать современные источники для сбора информации для выполнения курсового проекта и пользоваться нормативной документацией.

присутствие **навыка:**

- владения методологией подбора и анализа исходных данных для курсового проекта;
- владения современными методами пользования нормативной документацией и прочими ресурсами.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции ПК-2 – «способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием» преподавателем оценивается содержательная работа и качество материалов в отчетах по лабораторным работам и в курсовом проекте. Учитываются также ответы студента на вопросы во время защиты курсового проекта, лабораторных работ.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- типовых методик технико-экономического обоснования систем теплоснабжения;
- способов и подходов к самостоятельной работе по решению задач в области теплоэнергетики и теплотехники.

умения:

- пользоваться знаниями, полученными в процессе изучения дисциплины для решения технических проблем, возникающих в процессе нахождения решений поставленных технических задач;
- пользоваться средствами автоматизации для проектирования технологического оборудования в соответствии с техническим заданием.

присутствие **навыка:**

- владения методами, способами и средствами обработки и хранения информации с использованием современных систем автоматизации для индивидуального принятия решений в области теплоэнергетики и теплотехники.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции в результате выполнения и защиты лабораторных работ.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции ПК-1 «способностью участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией», ПК-2 «способностью проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием» в результате выполнения и защиты лабораторных работ.

Оценивается в процессе проведения каждого лабораторного занятия подготовка студента к выполнению лабораторной работы (знаний целей лабораторной работы, наличие описания задачи и модели используемых в данной работе, алгоритма решения задачи, обладание теоретическими знаниями, необходимыми для выполнения работы), а также знания и навыки, приобретенные в процессе выполнения работы при ее защите (результаты расчетов, качество оформления протокола, теоретические знания студентов в результате ответов на вопросы при защите лабораторных работ).

Способность формулировать условия решаемой задачи, составить алгоритм ее решения, знания теоретических основ и наличие навыков практического применения численных методов при моделировании теплоэнергетических и теплотехнических явлений и процессов, умение правильно и качественно оформить результаты лабораторной работы – соответствует пороговому уровню сформированности данной компетенции на данном этапе ее формирования; в дополнение к пороговому уровню самостоятельно анализировать результаты решения поставленной задачи, оценивать эффективность использования численных методов при моделировании теплоэнергетических и теплотехнических процессов и явления – соответствует продвинутому уровню; в дополнении к продвинутому способен самостоятельно выполнить и обосновать выбор метода при моделировании естественнонаучных явлений, лежащих в основе теплоэнергетических и теплотехниче-

ских процессов, внести коррективы в модель, ведущие к ее оптимизации – соответствует эталонному уровню.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций ПК-1, ПК-2 в процессе выполнения и защиты курсового проекта, в результате выполнения заданий на практических занятиях.

Курсовой проект на тему «Конструктивный и гидравлический расчет рекуперативного теплообменного аппарата» выполняется в соответствии с заданием на курсовое проектирование и разработанными методическими указаниями. Предусмотрена возможность выдачи индивидуального задания на проектирование.

В процессе защиты курсового проекта студенту задается 2 вопроса по рассматриваемой проблеме.

Полный ответ на один вопрос соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, полный ответ на один и частичный ответ на второй – продвинутому уровню; при полном ответе на два вопроса – эталонному уровню).

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций ПК-1, ПК-2 в результате выполнения заданий на практических занятиях.

Оценивается активность работы студента на практических занятиях, глубина ответов студента «у доски» при устных опросах в процессе выполнения заданий к каждому практическому занятию.

Способность называть при устном ответе основные законы гидростатики и гидродинамики, приводить простейшие соотношения для гидравлического расчета трубопроводов соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, в дополнение к пороговому самостоятельно выполнять гидравлические расчеты гидротехнического оборудования – соответствует продвинутому уровню; в дополнении к продвинутому способен проектировать и подбирать элементы гидравлических систем – соответствует эталонному уровню.

Сформированность уровня компетенции не ниже порогового является основанием для допуска обучающегося к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является экзамен с оценкой оцениваемый по принятой в НИУ «МЭИ» четырехбалльной системе: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Экзамен по дисциплине «Тепломассообменное оборудование предприятий» проводится в устной форме.

Критерии оценивания (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему на основные и дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины.

Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все основные и дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, знакомый с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему серьезные проблемы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на большинство теоретических основных и дополнительных вопросов и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закреплённых за данной дисциплиной). Неудовлетворительно выставляется также, если студент: после начала зачета отказался его сдавать или нарушил правила сдачи зачета (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.).

В зачетную книжку студента и выписку к диплому выносятся оценка зачета по дисциплине за 7 семестр.

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Вопросы по формированию и развитию теоретических знаний, предусмотренных компетенциями, закреплёнными за дисциплиной
(примеры вопросы по лекционному материалу дисциплины)

1. Тепло и массообменные процессы и установки (классификация, понятия и определения);
2. Теплообменные и тепломассообменные аппараты;
3. Теплоносители (назначение, агрегатное состояние рабочие температуры и давление);
4. Конструкции рекуперативных теплообменников;
5. Расчет и последовательность проектирования теплообменных аппаратов рекуперативного типа;
6. Тепловой конструктивный расчет рекуперативного теплообменного аппарата;
7. Поверочный и компоновочный расчет рекуперативного теплообменного аппарата;
8. Гидравлический расчет теплообменного аппарата рекуперативного типа;
9. Тепловые трубы (устройство, принцип действия);
10. Тепловые трубы с капиллярно-пористым материалом;
11. Термосифоны (трубы Перкинса);
12. Конструкции регенеративных теплообменных аппаратов;
13. Тепловой расчет регенераторов;

14. Регенеративные аппараты с кипящим слоем;
15. Смесительные теплообменные аппараты;
16. Аппараты с непосредственным контактом газов и жидкости (скрубберы);
17. Процесс сушки;
18. Основные уравнения теплообмена;
19. Теплообменные и тепломассообменные аппараты;
20. Термодинамические процессы и обратный цикл;
21. Фазовый переход вещества;
22. Свойства влажных материалов, как объектов сушки;
23. Процесс сушки;
24. Динамика сушки;
25. Вихревой и термоэлектрический эффекты;
26. Кинетика сушки (кривые сушки и скорости сушки);
27. Конвективная сушка (сушильные установки, сушильные агенты);
28. Материальный и тепловой балансы процесса сушки;
29. Сушка твердых дисперсионных материалов;
30. Сушка жидкотекучих материалов;
31. Объемные потери в компрессоре;
32. Перегонка и ректификация (процессы тепло- и массообмена);
33. Анализ теоретических и действительных рабочих процессов в цилиндре компрессора;
34. Ректификационные установки;
35. Индикаторная диаграмма рабочих процессов в цилиндре компрессора;
36. Конструкции ректификационных колонн.

Вопросы по приобретению и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной
(примеры вопросов к практическим занятиям и защите лабораторных работ)

1. Что такое теплообменный аппарат, тепломассообменный аппарат?
2. Чем отличаются процессы теплопроводности, конвекции, лучеиспускания?
3. Что такое регенеративные теплообменные аппараты?
4. Что такое рекуперативные теплообменные аппараты?
5. Что относится к высокотемпературным теплоносителям?
6. Что относится к среднетемпературным теплоносителям?
7. Какие теплоносители применяют в криогенных аппаратах?
8. Какие требования предъявляют к теплоносителям.
9. В каких пределах находятся температура, давление и скорость движения теплоносителей в теплообменных аппаратах?
10. В каких пределах находится коэффициент теплоотдачи различных теплоносителей?
11. От чего зависят затраты на транспортировку различных теплоносителей?
12. Чем ограничивается скорость движения запыленных газов по трубопроводам?
13. Чем ограничивается температура движения дымовых газов в тепловых аппаратах?
14. Как изменяется температура теплоносителя в процессах кипения или конденсации?
15. Как изменяется температура фазовых превращений смеси по отношению к ее составляющим?
16. Чем определяются диаметр труб в кожухотрубных теплообменниках?
17. Где используют кожухотрубные теплообменники?
18. Что такое линзовые компенсаторы и где их применяют?
19. Что такое пластинчатые теплообменники и где их применяют?

20. Что такое теплообменники с пленочным движением жидкости, их область применения, достоинства?
21. Что такое калорифер, или воздухоподогреватель?
22. Что такое экономайзер, его конструкция и область использования?
23. Что такое радиационные рекуператоры их особенности и область использования?
24. Что включает конструктивный расчет теплообменника?
25. Что включает поверочный расчет теплообменника?
26. Какие виды расчетов приняты при проектировании теплообменников?
27. Что называется регенеративным теплообменником?
28. Назначение и краткая характеристика насадки регенеративного теплообменника.
29. Основная область применения регенеративных теплообменников.
30. Какие подогреватели используют в качестве воздухоподогревателей для использования теплоты дымовых газов?
31. Что является достоинством регенеративной насадки?
32. Что является недостатком регенеративной насадки?
33. Что такое смесительные теплообменники?
34. Достоинства смесительных теплообменников.
35. Недостатки смесительных теплообменников.
36. Что такое влагосодержание воздуха?
37. Что такое абсолютная влажность воздуха?
38. Как изменяется температура теплоносителя в процессах кипения или конденсации?
39. Какой параметр влажного воздуха изменяется в рекуперативном теплообменнике при повышении температуры?
40. Что такое коэффициент рециркуляции воздуха?
41. Что такое скруббер?

Вопросы по закреплению теоретических знаний, умений и практических навыков,
предусмотренных компетенциями
(вопросы к экзамену)

1. Применение и классификация теплообменных аппаратов
2. Основные конструкции теплообменных аппаратов.
3. Кожухотрубные и секционные теплообменные аппараты. Конструкция и применение.
4. Пластинчатые теплообменники для жидких и газообразных теплоносителей. Конструкции и применение
5. Змеевиковые, спиральные теплообменники. Их конструкции.
6. Характерные параметры теплоносителей в теплообменных аппаратах - скорости температуры, коэффициенты теплоотдачи.
7. Виды расчета теплообменных аппаратов - тепловой конструктивный, поверочный гидравлический и др.
8. Классификация и краткая характеристика основных методов расчета теплообменных аппаратов.

9. Определение тепловой нагрузки аппарата по градиенту температур теплоносителя на поверхности теплообмена.
10. Последовательность теплового, конструктивного и компоновочного расчета кожухотрубного теплообменника.
11. Эффективность теплообменника. Ее физический смысл. Число единиц переноса.
12. Последовательность расчета теплообменника методом $E - N$.
13. Расчет коэффициентов теплоотдачи в теплообменных аппаратах в случае их зависимости от температуры поверхности теплообмена.
14. Оребренные трубчатые теплообменники. Конструкции и применение Характеристики оребрения. Технология оребрения.
15. Эффективность оребрения. Эффективность оребренной поверхности. Расчет коэффициента теплопередачи для оребренных поверхностей.
16. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов. Основные виды гидравлических потерь в теплообменниках. Определение требуемой мощности на прокачку теплоносителя.
17. Способы увеличения тепловой нагрузки в теплообменных аппаратах (оребрение, интенсификация теплообмена)
18. Рекуперативные теплообменники периодического действия с водяным и паровым подогревом. Определение времени нагрева теплоносителя.
19. Принцип работы тепловых труб. Типы фитилей. Определения количества переданного тепла. Ограничения на работу тепловых труб. Теплообменные аппараты на тепловых трубах.
20. Регенеративные теплообменные аппараты Их основные конструкции. Преимущества и недостатки по сравнению с рекуперативными.
21. Изменение температур насадки регенератора. Коэффициент аккумуляции насадки. Температурный гистерезис.
22. Коэффициент теплопередачи регенеративного теплообменника. Сравнение тепловой эффективности регенератора и рекуператора.
23. $H-d$ диаграмма влажного воздуха. Вид основных процессов обработки воздуха в $H-d$ диаграмме.
24. Вид основных процессов обработки воздуха в смесительных теплообменниках в $H-d$ диаграмме.
25. Аппараты влажного воздуха. Их расчет при помощи коэффициента влаговыпадения.
26. Соотношение Льюиса и уравнение Меркеля Их применение для расчета теплообменных аппаратов влажного воздуха.

27. Конструкции смесительных теплообменников. Тепловой и материальный баланс смесительных теплообменников.
28. Последовательность построения процесса обработки воздуха в смесительных теплообменниках Средняя разность температур в смесительных теплообменниках.
29. Последовательность расчета полых и насадочных скрубберов.
30. Системы оборотного водоснабжения. Их назначение и классификация.
31. Сравнительная характеристика основных типов градирен.
32. Конструкция вентиляторной градирни и аппарата воздушного охлаждения Выбор расчетной температуры и влажности атмосферного воздуха.
33. Применение выпарных установок. Схемы и конструкции выпарных установок.
34. Принцип действия выпарных аппаратов. Материальный и тепловой баланс выпарной установки Определение количества пара на выпарку.
35. Располагаемая и полезная разность температур в выпарных установках. Типы депрессий в выпарных установках, их вычисление.
36. Последовательность расчета однокорпусной выпарной установки.
37. Особенности расчета средней разности температур и коэффициента теплоотдачи в греющей камере выпарного аппарата.
38. Области применения сушильных установок Периоды сушки материалов Равновесное и критическое влагосодержание.
39. Классификация влажных материалов и принципиальные схемы установок для их сушки Сушильные агенты.
40. Кинетика сушки. Методы расчета времени сушки в ее первом и втором периодах.
41. Материальный конвективной сушильной установки Составляющие теплового баланса сушильной установки. Теоретическая сушилка.
42. Принцип работы тепловых труб. Типы фитилей Определения количества переданного тепла Ограничения на работу тепловых труб.
43. Процессы перегонки и ректификации. Их применение. Отличие процессов выпарки и перегонки
44. Типы смесей жидких компонентов. Закон Рауля.
45. Диаграммы растворов жидких смесей. (P-x, t-x, y, x-y- диаграммы). Их построение и назначение
46. Простая, непрерывная и многократная перегонка Схемы установок и изображение процессов в t-x, y диаграмме.
47. Схема и принцип работы ректификационной установки. Материальный баланс ректификационной установки.

48. Флегмовое число. Минимальное флегмовое число. Определение числа тарелок в ректификационных колоннах.

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

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, изложены в методических рекомендациях по изучению курса «Тепломассообменное оборудование предприятий», в которые входят методические рекомендации к выполнению лабораторных работ, методические рекомендации к самостоятельной работе (приложение 1 к РПД) и заданий с методическими рекомендациями к курсовой работе.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Цветков Ф.Ф. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: учебник для вузов / Ф.Ф.Цветков, Григорьев Б.А. – Электрон. дан. – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 562 с. – Режим доступа: <http://nelbook.ru/?book=155> – Загл. с экрана.
2. Круглов Г.А. Теплотехника [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова. - Электрон. дан. - СПб.: Лань, 2012. - 208 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3900 - Загл. с экрана.

б) дополнительная литература

1. Кирсанов Ю.А., Ковальногов Н.Н., Назмеев Ю.Г., Мингалеева Г.Р., Михеев Н.И., Шамсутдинов Э.В. Теплообменные аппараты ТЭС. В 2 книгах. Книга 2 [Электронный ресурс]: справочник. - Электрон. дан. - М.: Издательский дом МЭИ, 2010. - 435 с. - Режим доступа: <http://www.nelbook.ru/?book=43> - Загл. с экрана.
2. Карапузова Н.Ю. Тепломассообменное оборудование предприятий [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.Ю. Карапузова, В.М. Фокин. – Электрон. дан.– Волгоград : ВолгГАСУ, 2012. - 72 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=142299> – Загл. с экрана.
3. Акулич П.В. Расчеты сушильных и теплообменных установок [Электронный ресурс] / П.В. Акулич. - Электрон. дан. - Минск: Белорусская наука, 2010. - 444 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=89349> - Загл. с экрана.
4. Логинов В.С. Примеры и задачи по тепломассообмену [Электрон–ный ресурс]: учебное пособие / В.С. Логинов, Крайнов А. В., В.Е. Юхнов и др. - Электрон. дан. - СПб.: Лань, 2011. - 256 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=1553 - Загл. с экрана.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» необходимых для освоения дисциплины

1. Официальный сайт библиотеки МЭИ в г. Смоленске – <http://lib.sb mpei.ru/>
2. Базы данных НЭЛБУК - <http://www.nelbook.ru/>
3. Университетская библиотека ОНЛАЙН - <http://biblioclub.ru/>
4. Поисковые системы «Яндекс», «Google» для доступа к тематическим информационным ресурсам.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина предусматривает лекции, практические занятия, лабораторные работы, контрольную работу и расчетное задание работы. Изучение курса завершается зачетом и экзаменом.

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения лабораторных работ, всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Во время **лекции** студент должен вести краткий конспект.

Работа с конспектом лекций предполагает просмотр конспекта в тот же день после занятий. При этом необходимо пометить материалы конспекта, которые вызывают затруднения для понимания. При этом обучающийся должен стараться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если ему самостоятельно не удалось разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Обучающемуся необходимо регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Практические (семинарские) занятия составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Основная цель проведения практических (семинарских) занятий - формирование у студентов аналитического, творческого мышления путем приобретения практических навыков.

Методические указания к практическим (семинарским) занятиям по дисциплине наряду с рабочей программой и графиком учебного процесса относятся к методическим документам, определяющим уровень организации и качества образовательного процесса.

Содержание *практических (семинарских) занятий* фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

Важнейшей составляющей любой формы практических занятий являются упражнения (задания). Основа в упражнении - пример, который разбирается с позиций теории, развитой в лекции. Как правило, основное внимание уделяется формированию конкретных умений, навыков, что и определяет содержание деятельности студентов - решение задач, графические работы, уточнение категорий и понятий науки, являющихся предпосылкой правильного мышления и речи.

Практические (семинарские) занятия выполняют следующие задачи:

стимулируют регулярное изучение рекомендуемой литературы, а также внимательное отношение к лекционному курсу;

закрепляют знания, полученные в процессе лекционного обучения и самостоятельной работы над литературой;

расширяют объем профессионально значимых знаний, умений, навыков;

позволяют проверить правильность ранее полученных знаний;

прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления;

способствуют свободному оперированию терминологией;

предоставляют преподавателю возможность систематически контролировать уровень самостоятельной работы студентов.

При подготовке к **практическим занятиям** необходимо просмотреть конспекты лекций и методические указания, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

В ходе выполнения индивидуального задания практического занятия студент готовит отчет о работе (в программе *MS Word* или любом другом текстовом редакторе). В отчет заносятся результаты выполнения каждого пункта задания (схемы, диаграммы (графики), таблицы, расчеты, ответы на вопросы пунктов задания, выводы и т.п.). Примерный образец оформления отчета имеется у преподавателя (*либо прилагается к настоящей программе*).

За 10 мин до окончания занятия преподаватель проверяет объём выполненной на занятии работы и отмечает результат в рабочем журнале.

Оставшиеся невыполненными пункты задания практического занятия студент обязан доделать самостоятельно.

После проверки отчета преподаватель может проводить устный или письменный опрос студентов для контроля усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия (студенты должны знать смысл полученных ими результатов и ответы на контрольные вопросы). По результатам проверки отчета и опроса выставляется оценка за практическое занятие.

Лабораторные работы составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

Выполнение студентами лабораторных работ направлено на:

обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;

формирование необходимых профессиональных умений и навыков;

Дисциплины, по которым планируются лабораторные работы и их объемы, определяются рабочими учебными планами.

Методические указания по проведению лабораторных работ разрабатываются на срок действия РПД (ПП) и включают:

заглавие, в котором указывается вид работы (лабораторная), ее порядковый номер, объем в часах и наименование;

цель работы;

предмет и содержание работы;

оборудование, технические средства, инструмент;

порядок (последовательность) выполнения работы;

правила техники безопасности и охраны труда по данной работе (по необходимости);

общие правила к оформлению работы;

контрольные вопросы и задания;

список литературы (по необходимости).

Содержание лабораторных работ фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

При планировании лабораторных работ следует учитывать, что наряду с ведущей целью - подтверждением теоретических положений - в ходе выполнения заданий у студентов формируются практические умения и навыки обращения с лабораторным оборудованием, аппаратурой и пр., которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Состав заданий для лабораторной работы должен быть спланирован с таким расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством студентов.

Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы.

Выполнению лабораторных работ предшествует проверка знаний студентов – их теоретической готовности к выполнению задания.

Порядок проведения **лабораторных работ** в целом совпадает с порядком проведения практических занятий. Помимо собственно выполнения работы для каждой лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письменный опрос студентов для контроля понимания выполненных ими измерений, правильной интерпретации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия.

При подготовке к **дифференцируемому зачету** в дополнение к изучению конспектов лекций, учебных пособий и слайдов, необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной к настоящей программе. При подготовке нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала.

Самостоятельная работа студентов (СРС) по дисциплине играет важную роль в ходе всего учебного процесса. Методические материалы и рекомендации для обеспечения СРС готовятся преподавателем и выдаются студенту.

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

При проведении **практических и лабораторных** занятий предусматривается использование информационного ресурса интернет.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия по данной дисциплине проводятся в аудитории, оснащенная презентационной мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Практические занятия по данной дисциплине проводятся в обычной учебной аудитории.

Лабораторные работы по данной дисциплине проводятся в специализированной лаборатории, оснащенной рабочими местами с ЭВМ.

Старший преподаватель

А.М.Фокин

Зав. кафедрой к. т.н., доцент

В.А. Михайлов

Программа одобрена на заседании кафедры ПТЭ от 29 августа 2016, протокол №1.