

**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

ТЕПЛОМАССОБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление бакалавриата: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 5 лет

Форма обучения: заочная

Смоленск – 2016 г.

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

Целью освоения дисциплины «Тепломассообменное оборудование предприятий» является подготовка студента к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой по направлению подготовки; изучение теплообменного оборудования предприятий для последующего его подбора, расчета, проектирования и эксплуатации; формирование знаний и умений, необходимых для самостоятельного обоснованного выбора методов решения прикладных задач в предметной сфере деятельности.

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 компетенций:

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

- методы сбора и анализа исходных данных для проектирования элементов оборудования и технологических процессов, техническую и нормативную документацию для проектирования технологических энергосистем предприятий (ПК-1);
- типовые методики расчета тепло- массообменных процессов при проектировании и эксплуатации теплотехнического оборудования, стандартные средства и системы автоматизации при проектировании технологических энергосистем предприятий (ПК-2).

Уметь:

- составлять структурные схемы элементов теплообменного оборудования предприятий с использованием нормативной документации (ПК-1);
- анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт, анализировать информацию о новых типах и конструкциях теплообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования (ПК-1);
- проводить гидравлические и тепло- массообменные расчеты применительно к теплообменному оборудованию по типовым методикам с использованием нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации, применять современные средства и системы автоматизированного проектирования технологических систем предприятий (ПК-2);
- выполнять проектно-конструкторские расчеты и оформлять законченные проектно-конструкторские работы в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами (ПК-2).

Владеть:

- навыками проектирования теплообменного оборудования с использованием технической и нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации (ПК-1);
- методами проведения тепловых и гидравлических расчетов теплообменного оборудования с использованием нормативной документации, навыками применения современных систем автоматизированного проектирования при выполнении проектных работ (ПК-2).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Учебная дисциплина «Теплообменное оборудование предприятий» относится к Вариативной части обязательных дисциплин.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки в соответствии с ПК-1, формируемые следующими предшествующими дисциплинами:

Б1.Б.11	Электротехника и электроника
Б1.В.ОД.6	Источники и системы теплоснабжения. Часть 1: Источники производства тепла
Б1.В.ДВ.10.1	Технологические энергосистемы предприятий
Б1.В.ДВ.10.2	Системы производства и распределения энергоносителей на промышленных предприятиях

Приобретенные в результате изучения дисциплины «Теплообменное оборудование предприятий» знания, умения и навыки являются неотъемлемой частью формируемой у выпускника компетенции ПК-1 в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника», и будут использованы при изучении последующих учебных дисциплин:

Б1.В.ОД.7	Источники и системы теплоснабжения. Часть 2: Системы теплоснабжения потребителей тепла
Б1.В.ДВ.9.1	Инженерные сети зданий и сооружений
Б1.В.ДВ.9.2	Системы теплоснабжения и вентиляции
Б2.П.3	Научно-исследовательская работа
Б2.П.4	Преддипломная практика
Б3	Государственная итоговая аттестация

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки в соответствии с ПК-2, формируемые следующими предшествующими дисциплинами:

Б1.Б.11	Электротехника и электроника
Б1.В.ОД.5	Нагнетатели и тепловые двигатели
Б1.В.ОД.9	Электроснабжение промышленных предприятий
Б1.В.ОД.11	Прикладная механика
Б1.В.ОД.13	Гидрогазодинамика
Б1.В.ДВ.5.1	Основы трансформации тепла
Б1.В.ДВ.5.2	Системы хладоснабжения объектов теплоэнергетики
Б1.В.ДВ.10.1	Технологические энергосистемы предприятий
Б1.В.ДВ.10.2	Системы производства и распределения энергоносителей на промышленных предприятиях

Приобретенные в результате изучения дисциплины «Теплообменное оборудование предприятий» знания, умения и навыки являются неотъемлемой частью формируемой у выпускника

компетенции ПК-2 в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника», и будут использованы при изучении последующих учебных дисциплин:

Б1.В.ОД.10	Электропривод на объектах теплоэнергетики
Б1.В.ОД.3	Котельные установки и парогенераторы
Б1.В.ОД.7	Источники и системы теплоснабжения. Часть 2: Системы теплоснабжения потребителей тепла
Б1.В.ДВ.6.1	Теплотехнологические процессы и установки
Б1.В.ДВ.6.2	Высокотемпературные установки промышленных предприятий
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
Б2.П.4	Преддипломная практика
Б3	Государственная итоговая аттестация

Знания, полученные в результате освоения данной дисциплины необходимы при выполнении бакалаврской выпускной работы и дальнейшему обучению по программе магистерской подготовки.

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	Курс
Часть цикла:	Вариативная	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.ОД.8	
Часов (всего) по учебному плану:	180	5 курс
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	5	5 курс
Лекции (ЗЕТ, часов)	8/36, 8	5 курс
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	6/36, 6	5 курс
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	4/36, 4	5 курс
Курсовое проектирование (ЗЕТ, часов)		
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов)	153/36, 153	5 курс
Экзамен (зачет с оценкой) (ЗЕТ, часов)	9/36, 9	5 курс

Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	60/36, 50
Подготовка к практическим занятиям (пз)	30/36, 30
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы (лаб)	20 /36, 20
Выполнение РГР	53/36, 53
Выполнение контрольных работ	-
Подготовка к тестированию	-
Всего:	153/36, 153
Подготовка к промежуточной аттестации (экзамен)	0,25, 9

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 трудоемкость (в часах)				
			Лк	Пр	Лаб	КР	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Тема 1. Рекуперативные, регенеративные и смесительные аппараты.	71	2	2	4		63
2	Тема 2. Выпарные установки.	22	1	1			20
3	Тема 3. Сушильные установки.	22	1	1			20
4	Тема 4. Перегонные и ректификационные установки.	23	2	1			20
5	Тема 5. Вспомогательное оборудование теплоиспользующих установок.	33	2	1			30
всего 180 часа по видам учебных занятий (включая 9 часа на подготовку к экзамену)			8	6	4		153

Содержание по видам учебных занятий

Тема 1. Рекуперативные, регенеративные и смесительные аппараты.

Лекция 1. Конструкции рекуперативных, регенеративных и смесительных аппаратов. Основы теплового расчета рекуперативных, регенеративных и смесительных аппаратов. (2 часа)

Практическое занятие 1. Тепловой расчет рекуперативных, регенеративных и смесительных аппаратов. (1 час)

Практическое занятие 2. Конструктивный расчет рекуперативных теплообменников. (1 час)

Лабораторная работа 1. Моделирование работы рекуперативных теплообменных аппаратов без изменения агрегатного состояния теплоносителей. (4 часа)

Самостоятельная работа 1. Подготовка к практическому занятию и лабораторной работе. Выполнение, оформление и подготовка к защите лабораторной работы. Подготовка к текущему контролю знаний, выполнение РГР (всего к теме №1 – 63 часа). Подготовка к промежуточной аттестации.

Текущий контроль – устный опрос по теме при подготовке к практическому занятию, защите лабораторной работы, текущие консультации по РГР.

Тема 2. Выпарные установки.

Лекция 2. Выпарные установки, их назначение, виды и принцип действия. Основные конструкции выпарных аппаратов. Тепловые схемы выпарных, методика расчета. (1 час).

Практическое занятие 3. Тепловой и материальный баланс выпарных установок. (1 час)

Самостоятельная работа 2. Подготовка к практическому занятию. Выполнение РГР (всего к теме №2 – 20 часов). Подготовка к промежуточной аттестации.

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

Тема 3. Сушильные установки.

Лекция 3. Сушильные установки, их конструкции и принцип действия. Основы кинетики и динамики сушки. (1 час).

Практическое занятие 4. Тепловой и материальный баланс конвективной сушильной установки. (1 час).

Самостоятельная работа 3. Подготовка к практическому занятию. Выполнение РГР (всего к теме №3 – 20 часов). Подготовка к промежуточной аттестации.

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

Тема 4. Перегонные и ректификационные установки.

Лекция 4. Конструкции и принцип действия перегонных и ректификационных установок. Физико-химические и термодинамические основы процессов перегонки и ректификации. (2 часа).

Практическое занятие 5. Материальный и тепловой баланс ректификационной колонны. (1 час).

Самостоятельная работа 4. Подготовка к практическому занятию. Выполнение РГР (всего к теме №3 – 20 часов). Подготовка к промежуточной аттестации.

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

Тема 5. Вспомогательное оборудование теплоиспользующих установок.

Лекция 5. Основные виды и назначение вспомогательного оборудования. Фильтры. Сепараторы. Назначение и основные виды конденсатоотводчиков, принцип действия. Оборудование для перемещения газов и жидкостей, его виды и характеристики. (2 часа).

Практическое занятие 6. Подбор теплообменного оборудования. (1 час).

Самостоятельная работа 5. Подготовка к практическому занятию. Выполнение РГР (всего к теме №3 – 30 часов). Подготовка к промежуточной аттестации.

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

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:

- конспект лекций по дисциплине,
- методические указания по самостоятельной работе (см. Приложение 1),
- методические указания к лабораторным работам,
- задания с методическими указаниями к РГР.

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 «способность участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией», 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 сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по практическим занятиям, лабораторным работам, РГР.

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 50% 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 отчетах студента по практическим занятиям, лабораторным работам, курсовой работе. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных опросах, защите РГР, ответах на практических занятиях и при защите лабораторных работ.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- методов сбора и анализа исходных данных для проектирования тепломассообменного оборудования,
- технической и нормативной документации для проектирования тепломассообменного оборудования,
- применяемого современного энергосберегающего оборудования;

наличие **умения**:

- составлять структурные схемы элементов тепломассообменного оборудования с использованием нормативной документации;
- использовать, обобщать, анализировать научно-техническую и справочную информацию в области проектирования тепломассообменного оборудования,
- оформлять законченные проектно-конструкторские работы в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами в области проектирования тепломассообменного оборудования;

присутствие **навыка**:

- проектирования тепломассообменного оборудования с использованием технической и нормативной документации,
- применения современных методов поиска и обработки информации.

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 сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по практическим занятиям, лабораторным работам, РГР. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных опросах, защите РГР, ответах на практических занятиях и при защите лабораторных работ.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- типовых методик расчета тепло- массообменных процессов в тепломассообменных аппаратах,

- стандартные средства и системы автоматизации при проектировании теплообменных аппаратов;

наличие умения:

- проводить гидравлические и тепло- и массообменные расчеты применительно к теплотехническому оборудованию по типовым методикам с использованием нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации,
- применять современные средства и системы автоматизированного проектирования теплообменных аппаратов,
- оформлять проектную и рабочую техническую документацию в области проектирования теплообменных аппаратов;

присутствие навыка:

- применения типовых методик выполнения тепло- массообменных и гидравлических расчетов теплоэнергетического оборудования с использованием нормативной документации,
- применения современных систем автоматизированного проектирования при выполнении проектных работ,
- разработки проектной и рабочей технической документации в области проектирования теплообменных аппаратов,
- оформления законченных проектно-конструкторских работ в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами в области проектирования теплообменных аппаратов.

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

Предусмотрено выполнение РГР на тему «Конструкторский расчет кожухотрубчатого рекуперативного теплообменника».

В процессе защиты РГР задается 2 вопроса.

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

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций: ПК-1 «способность участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией», ПК-2 «способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием» в процессе защиты лабораторных работ, как формы текущего контроля. На защите лабораторной работы задается 2 вопроса из примерного перечня, приведенного в методических указаниях к лабораторным работам.

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 «способность участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в со-

ответствии с нормативной документацией», ПК-2 « способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием» 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 тепло- массообмена, гидравлики, приводить простейшие соотношения для тепловому расчету аппаратов соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, в дополнение к пороговому самостоятельно выполнять расчеты тепло- массообменных процессов и гидравлические расчеты – соответствует продвинутому уровню; в дополнении к продвинутому способен проектировать и подбирать соответствующее оборудование, анализировать и обосновывать решения – 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, 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 не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины.

Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, 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, знакомы с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплины (формирования и развития компетенций, закреплённых за данной дисциплиной). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент: после начала экзамена отказался его сдавать

или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.).

В зачетную книжку студента и выписку к диплому выносятся оценка экзамена по дисциплине за 5 курс.

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, закрепленными за дисциплиной (примерные вопросы по лекционному материалу дисциплины):

1. Что такое теплообменный аппарат, теплообменник?
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?
42. Что такое барботажная колонна?
43. Какое требование предъявляется к скрубберным насадкам?

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

1. Оценить площадь поверхности теплообменного аппарата по рекомендуемым значениям коэффициентов теплоотдачи.
2. Оценить площадь поверхности теплообменного аппарата по заданной эффективности и известной зависимости $E=f(N)$.
3. Найти эффективность теплообменного аппарата по известному тепловому балансу.
4. Определить степень оребрения по геометрии ребер.
5. Определить коэффициент теплопередачи со стороны оребренной и неоребреной поверхности.
6. Найти КПД ребра и КПД оребренной поверхности по известным характеристикам ребер и коэффициенту теплоотдачи.
7. Определить перепад давлений в теплообменном аппарате.
8. Определить требуемую мощность на прокачку теплоносителя в теплообменном аппарате.
9. Определить коэффициент теплопередачи в теплообменнике с влаговыведением.
10. Найти конечное влагосодержание (либо температуру газа) в смесительном теплообменнике из его теплового баланса, считая газ на выходе полностью насыщенным.
11. Найти количество вторичного пара (либо крепкого раствора) в выпарной установке, используя материальные балансы.
12. Найти примерный расход пара на выпарку в одноступенчатой выпарной установке.
13. Определить время сушки материала в первом периоде.
14. Определить время сушки материала во втором периоде.

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

Первый, второй вопросы в экзаменационном билете студента – вопросы по лекционному материалу (вопр.1-48).

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 влаговываждения.
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 РГР.

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

а) основная литература

1. Карапузова Н.Ю. Тепломассообменное оборудование предприятий. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2012. - 68 с. Доступ по адресу – <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=142299>
2. Теплоэнергетика и теплотехника. Книга 4: Промышленная теплоэнергетика и теплотехника. - М.: Изд-во МЭИ, 2007. - 632 с. Доступ по адресу – <http://www.nelbook.ru/?book=149> .
3. Лавыгин В.М., Назмеев Ю.Г. Теплообменные аппараты ТЭС. - М.: Изд-во МЭИ, 2007. - 269 с. Доступ по адресу – <http://www.nelbook.ru/?book=178>

4. Акулич П.В. Расчеты сушильных и теплообменных установок. Минск: Беларуская наука, 2010.-444 с. Доступ по адресу - <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=89349>

б) дополнительная литература

1. Теплообменные аппараты ТЭС: в 2-х кн. Кн.2 / Ю. А. Кирсанов, В. М. Ковальногов, Г. Р. Мингалеева и др. : справочник / под общ. ред. Ю. Г. Назмеева, В. Н. Шлянникова .— М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . Доступ по адресу – <http://www.nelbook.ru/?book=43>
2. Кудинов, Анатолий Александрович. Тепломассообмен : учеб. пособие для вузов по направлению 140100 "Теплоэнергетика и теплотехника" / А.А. Кудинов .— М. : ИНФРА-М, 2012 .-374 с.
3. Промышленные тепломассообменные процессы и установки/ Под ред. А.М. Бакластова. - М.: Энергоатомиздат, 1986.-328с.
4. Григорьев Б.А., Цветков Ф.Ф. Тепломассообмен.- М.: Изд-во МЭИ, 2011.-562 с. Доступ по адресу – <http://www.nelbook.ru/?book=155>.

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

1. Официальный сайт библиотеки МЭИ в г. Смоленске – <http://lib.sbmpei.ru/>
2. Базы данных НЭЛБУК - <http://www.nelbook.ru/>
3. ЭБС «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, курсовую работу. Изучение курса завершается зачетом с оценкой.

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 настоя-

щей 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.

За 10 мин до окончания занятия преподаватель проверяет объем 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 оформления 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 экзамену 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 лекционных занятий предусматривается использование *систем* мультимедиа.

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

Лекционные занятия:

Аудитория, оснащенная презентационной мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Практические занятия по данной дисциплине проводятся в обычной учебной аудитории.

Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории, оснащенной рабочими местами с ПЭВМ.

Автор

к.т.н., доцент



Кабанова И.А.

Зав. кафедрой

к.т.н., доцент



Михайлов В.А.

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