

Направление подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Магистерская программа «Энергообеспечение предприятий»

Тепломассообменные процессы и установки»

РПД Б1.В.ДВ.4.1 Моделирование систем теплоэнергоснабжения



**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

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ТЕПЛОЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

**Магистерская программа: Энергообеспечение предприятий.
Тепломассообменные процессы и установки**

Уровень высшего образования: магистратура

Нормативный срок обучения: 2 года

Форма обучения: очная

Смоленск – 2016 г.

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

Целью освоения дисциплины является подготовка обучающихся к расчетно-проектной и проектно-конструкторской деятельности по направлению подготовки 13.04.01 «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 компетенций:

ОПК-1 – выпускник должен обладать «способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки»

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- основные этапы математического моделирования (ОПК-1);
- методы оценки погрешностей, возникающих в процессе математического моделирования и их классификацию (ОПК-1);
- примеры математических моделей используемых в теплоэнергетике и критерии их практического применения (ОПК-1).

Уметь:

- пользоваться знаниями, полученными в процессе изучения дисциплины для формулирования условий задачи, решаемой методами математического моделирования и составления алгоритма ее решения, применительно к техническим проблемам, возникающих в процессе функционирования систем теплоэнергоснабжения (ОПК-1);
- оценивать критерии практической применимости математических моделей (ОПК-1).

Владеть:

- навыками построения математических моделей систем теплоэнергоснабжения и осуществления с их помощью расчетов технических характеристик рассматриваемых объектов (ОПК-1).

ПК-2 – выпускник должен обладать «способностью к проведению технических расчетов по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений, с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования»

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- структуру теплоэнергетического оборудования (ПК-2);
- основные принципы, особенности и задачи функционирования систем теплоэнергоснабжения (теплоэнергетических систем) в условиях рыночной экономики (ПК-2);
- основные методы расчета себестоимости теплоэнергетической продукции, показатели эффективности функционирования теплоэнергетических систем и осуществления инвестиционных проектов в теплоэнергетике (ПК-2).

Уметь:

- пользоваться знаниями, полученными в процессе изучения дисциплины для управления хозяйственной деятельностью теплоэнергетических систем (ПК-2);

- оценивать эффективность хозяйственной деятельности систем теплоэнергоснабжения (ПК-2).

Владеть:

- навыками осуществления функционально-стоимостного расчета применительно к теплоэнергетическим объектам и системам с использованием прикладного программного обеспечения (ПК-2).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к вариативной части дисциплин по выбору цикла Б1 образовательной программы подготовки магистров по магистерской программе «Энергообеспечение предприятий. Тепломассообменные процессы и установки» направления 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

В соответствии с учебным планом по направлению 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» дисциплина «Моделирование систем теплоэнергоснабжения» базируется на следующих дисциплинах:

- Б1.Б.1 «Математические методы исследования сложных теплоэнергетических систем»;
- Б1.В.ДВ.2 «Исследование режимов работы тепломассообменных установок»;
- Б1.В.ДВ.3 «Теория оптимизации систем теплоэнергоснабжения промышленных предприятий».

Приобретенные в результате изучения дисциплины «Моделирование систем теплоэнергоснабжения» знания, умения и навыки являются неотъемлемой частью формируемых у выпускника компетенций в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами по направлению 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и будут использованы при изучении дисциплин:

- Б1.В.ОД.3 «Системы вентиляции и кондиционирования»;
- Б1.В.ОД.6 «Системы водоснабжения и водоотведения».

Знания, полученные в результате освоения данной дисциплины необходимы при написании магистерской диссертации.

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.ДВ.4.1	
Часов (всего) по учебному плану:	108	2 семестр
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	3	2 семестр
Лекции (ЗЕТ, часов)	0,5, 18	2 семестр
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	0,5, 18	2 семестр
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	-	2 семестр
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	2, 72	2 семестр
Экзамен (ЗЕТ, часов)	-	2 семестр

Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	0,5, 18
Подготовка к практическим занятиям (пз)	0,5, 18
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы (лаб.)	-
Выполнение расчетно-графической работы (реферата)	0,5, 18
Выполнение курсового проекта (работы)	-
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	0,5, 18
Подготовка к контрольным работам	-
Подготовка к тестированию	-
Подготовка к зачету	-
Всего:	2, 72
Подготовка к экзамену	-

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 учебной занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах)			
			лк	пр	лаб	СРС
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1. Понятие математической модели и алгоритма. Этапы создания моделей. Оценка погрешности математического моделирования	22	4	4	-	14
2	Тема 2. Иерархическая структура математических моделей сложных объектов. Увязка уровней в иерархической сложной модели. Особенности методов решения для многоуровневых иерархических математических моделей	22	4	4	-	14
3	Тема 3. Статистические и динамические математические модели. Разработка алгоритмов реализации математических моделей на ЭВМ	22	4	4	-	14
4	Тема 4. Принципы построения математических моделей конструктивных элементов теплоэнергетического оборудования. Оптимизация конструкции элементов теплоэнергетических систем	14	2	2	-	10
5	Тема 5. Применение математического моделирования для расчета процессов и схем теплоэнергетических установок	14	2	2	-	10

1	2	3	4	5	6	7
6	Тема 6. Применение математического моделирования для распределения нагрузки между агрегатами тепловых электрических станций	14	2	2	-	10
всего 108 часов по видам учебных занятий			18	18	-	72

Содержание по видам учебных занятий

Тема 1. Понятие математической модели и алгоритма. Этапы создания моделей. Оценка погрешности математического моделирования

Лекция 1. Методы анализа и синтеза теплотехнических систем. Понятие математической модели и алгоритма (2 часа).

Лекция 2. Этапы создания физических моделей. Принципы работы и способы построения. Этапы создания математических моделей. Принципы работы и способы построения. Оценка погрешности математического моделирования (2 часа).

Практическое занятие 1. Принципы работы и способы построения математических моделей. (2 часа).

Практическое занятие 2. Оценка погрешности математического моделирования (2 часа).

Самостоятельная работа 1. Изучение лекционного материала и литературных источников по тематике занятий. Подготовка к практическим занятиям. Подбор материала и выполнение расчетно-графической работы (14 часов).

Текущий контроль – устный и письменный опросы при проведении практических занятий.

Тема 2. Иерархическая структура математических моделей сложных объектов. Увязка уровней в иерархической сложной модели. Особенности методов решения для многоуровневых иерархических математических моделей

Лекция 3. Устойчивость решения теплоэнергетических задач. Иерархическая структура математических моделей сложных объектов (2 часа).

Лекция 4. Увязка уровней в иерархической сложной модели. Особенности методов решения для многоуровневых иерархических математических моделей (2 часа).

Практическое занятие 3. Устойчивость решения теплоэнергетических задач. Иерархическая структура математических моделей сложных объектов (2 часа).

Практическое занятие 4. Особенности методов решения для многоуровневых иерархических математических моделей (2 часа).

Самостоятельная работа 2. Изучение лекционного материала и литературных источников по тематике занятий. Подготовка к практическим занятиям. Подбор материала и выполнение расчетно-графической работы (14 часов).

Текущий контроль – устный опрос при проведении практического занятия.

Тема 3. Статистические и динамические математические модели. Разработка алгоритмов реализации математических моделей на ЭВМ

Лекция 5. Статистические математические модели; их особенности. Динамические математические модели; их особенности (2 часа).

Лекция 6. Разработка алгоритмов реализации математических моделей на ЭВМ. Использование готовых оболочек и программ математического обеспечения ЭВМ для построения алгоритма решения и программы расчетов различных математических моделей (2 часа).

Практическое занятие 5. Разработка алгоритмов реализации математических моделей на ЭВМ (2 часа).

Практическое занятие 6. Использование готовых оболочек и программ математического обеспечения ЭВМ для построения алгоритма решения и программы расчетов различных математических моделей. (2 часа).

Самостоятельная работа 3. Изучение лекционного материала и литературных источников по тематике занятий. Подготовка к практическим занятиям. Подбор материала и выполнение расчетно-графической работы (14 часов).

Текущий контроль – устный и письменный опросы при проведении практического занятия.

Тема 4. Принципы построения математических моделей конструктивных элементов теплоэнергетического оборудования. Оптимизация конструкции элементов теплоэнергетических систем

Лекция 7. Принципы построения математических моделей конструктивных элементов теплоэнергетического оборудования. Оптимизация конструкции элементов теплоэнергетических систем. Выбор функции и метода решения (2 часа).

Практическое занятие 7. Принципы построения математических моделей конструктивных элементов теплоэнергетического оборудования. Оптимизация конструкции элементов теплоэнергетических систем. Выбор функции и метода решения (4 часа).

Самостоятельная работа 4. Изучение лекционного материала и литературных источников по тематике занятий. Подготовка к практическим занятиям. Подбор материала и выполнение расчетно-графической работы (10 часов).

Текущий контроль – устный опрос при проведении практических занятий.

Тема 5. Применение математического моделирования для расчета процессов и схем теплоэнергетических установок

Лекция 8. Применение математического моделирования для расчета процессов и схем теплоэнергетических установок (2 часа).

Практическое занятие 8. Применение математического моделирования для расчета процессов и схем теплоэнергетических установок (2 часа).

Самостоятельная работа 5. Изучение лекционного материала и литературных источников по тематике занятий. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к защите расчетно-графической работы (10 часов).

Текущий контроль – устный опрос при проведении практического занятия.

Тема 6. Применение математического моделирования для распределения нагрузки между агрегатами тепловых электрических станций

Лекция 9. Применение математического моделирования для распределения нагрузки между агрегатами тепловых электрических станций (2 часа).

Практическое занятие 9. Применение математического моделирования для распределения нагрузки между агрегатами тепловых электрических станций (2 часа).

Самостоятельная работа 6. Изучение лекционного материала и литературных источников по тематике занятий. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к защите расчетно-графической работы (10 часов).

Текущий контроль – устный опрос при проведении практического занятия.

На практических занятиях проводится анализ решения задач на альтернативной основе. Предварительно группа студентов разбивается на две части. Первая группа получают задание по разработке математической модели системы теплоэнергоснабжения, расчету на её основе основных показателей системы, в соответствии с тематикой практического занятия. Вторая группа выступает в качестве экспертов оценивающих результаты работы первой группы. Для этого они должны разбираться в сущности решаемой задачи и обладать способностью - оперативно анализировать результаты, представленные их товарищами. Они должны согласиться или нет со своими

оппонентами, и если возможно, предложить свое решение рассматриваемой задачи, обосновав причины его оптимальности. На каждом последующем занятии группы меняются местами.

Промежуточная аттестация по дисциплине: зачет

Изучение дисциплины заканчивается сдачей зачета с оценкой. Сдача зачета проводится в соответствии с Положением о зачетной и экзаменационной сессиях в НИУ «МЭИ» и инструктивным письмом от 14.05.2012 г. № И-23.

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

Для обеспечения самостоятельной работы разработаны методические указания по самостоятельной работе при подготовке к практическим занятиям и выполнению расчетно-графической работы.

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: ОПК-1, ПК-2.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (самостоятельная работа студентов).
2. Приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия, самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе устного и письменного опроса на практических занятиях, проведения диспутов и выполнения расчетно-графической работы, а также решения конкретных технических задач на практических занятиях и успешной сдачи зачета.

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

Формирование 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 формирования 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 формирования 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 формирования в рамках данной дисциплины компетенции ОПК-1 «способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки» преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в **расчетно-графической работе**. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – **устных и письменных опросах на практических занятиях**.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- основных этапов математического моделирования;
- методов оценки погрешностей, возникающих в процессе математического моделирования и их классификацию;
- примеров математических моделей используемых в теплоэнергетике и критерии их практического применения;

умения:

- пользоваться знаниями, полученными в процессе изучения дисциплины для формулирования условий задачи, решаемой методами математического моделирования и составления алгоритма ее решения, применительно к техническим проблемам, возникающих в процессе функционирования систем теплоэнергоснабжения;
- оценивать критерии практической применимости математических моделей;

присутствия **навыка:**

- построения математических моделей систем теплоэнергоснабжения и осуществления с их помощью расчетов технических характеристик рассматриваемых объектов.

Для оценки формирования в рамках данной дисциплины компетенции ПК-2 «способностью к проведению технических расчетов по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений, с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования» преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в **расчетно-графической работе**. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – **устных и письменных опросах на практических занятиях**.

Принимается во внимание **знание** обучающимися:

- структуры теплоэнергетического оборудования;
- основных принципов, особенностей и задач функционирования систем теплоэнергоснабжения (теплоэнергетических систем) в условиях рыночной экономики;
- основных методов расчета себестоимости теплоэнергетической продукции, показателей эффективности функционирования теплоэнергетических систем и осуществления инвестиционных проектов в теплоэнергетике;

умения:

- пользоваться знаниями, полученными в процессе изучения дисциплины для управления хозяйственной деятельностью теплоэнергетических систем;
- оценивать эффективность хозяйственной деятельности систем теплоэнергоснабжения;

присутствия **навыка:**

- осуществления функционально-стоимостного расчета применительно к теплоэнергетическим объектам и системам с использованием прикладного программного обеспечения.

Критерии оценивания уровня формирования компетенции в результате выполнения заданий на практических занятиях

Критерии оценивания уровня формирования компетенции ОПК-1 «способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать

критерии оценки», ПК-2 «способностью к проведению технических расчетов по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений, с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования» в результате выполнения заданий на практических занятиях.

Оценивается активность работы студента на практических занятиях, глубина ответов студента «у доски» при устных опросах в процессе проведения каждого практического занятия.

Способность формулировать при устном ответе основные понятия и рассчитывать показатели, характеризующие функционирование систем теплоэнергоснабжения, знание методов и подходов математического моделирования теплоэнергетических систем; в дополнение к пороговому самостоятельно анализировать результаты расчета рассматриваемых систем и обладать основами навыками применения математических моделей для выработки обоснованных решений – соответствует продвинутому уровню; в дополнении к продвинутому способность самостоятельно, с использованием компьютерной техники, выполнить моделирование и провести расчеты, позволяющие сравнивать эффективность работы систем теплоэнергоснабжения – соответствует эталонному уровню.

Критерии оценивания уровня формирования компетенции ОПК-1 «способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки», ПК-2 «способностью к проведению технических расчетов по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений, с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования» в результате выполнения расчетно-графической работы.

Способность самостоятельно подобрать литературу для выполнения расчетно-графической работы, правильно оформить результаты решаемой задачи, соответствующей теме расчетно-графической работы и в логичной и законченной форме представить результаты решения задачи – соответствует пороговому уровню формирования компетенции на данном этапе ее формирования; в дополнении к пороговому уровню – показать в работе способность к самостоятельному анализу проблематики в рамках варианта исходных данных – соответствует продвинутому уровню; в дополнении к продвинутому уровню – способность предложить и обосновать альтернативные варианты решения задачи в рамках расчетно-графической работы с целью выбора оптимального варианта и объяснить свое решение окружающим – соответствует эталонному уровню.

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

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

Зачет по дисциплине «Моделирование систем теплоэнергоснабжения» 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 ос-

новную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все основные и дополнительные вопросы, но допустившему при этом непринципиальные 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 пробелы 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 выносится оценка зачета по дисциплине за 2 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 приобретению и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями, закреплёнными за дисциплиной
(примеры вопросов к практическим занятиям)

Перечень вопросов рассматриваемых на практических занятиях содержится в методических указаниях по подготовке к практическим занятиям, самостоятельной работе и выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Моделирование систем теплоэнергоснабжения».

Методические рекомендации по выполнению и оформлению расчетно-графической работы содержится в методических указаниях по подготовке к практическим занятиям, самостоятельной работе и выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Моделирование систем теплоэнергоснабжения».

Тематика заданий для выполнения расчетно-графической работы

1. «Моделирование процессов работы индивидуального теплового пункта». Разработать математическую модель, позволяющую проводить расчеты основного и вспомогательного оборудования ИТП, параметров потоков энергоносителей при изменении тепловой нагрузки на ИТП.
2. «Моделирование процессов работы центрального теплового пункта». Разработать математическую модель, позволяющую проводить расчеты основного и вспомогательного оборудования ЦТП, параметров потоков энергоносителей при изменении тепловой нагрузки на ЦТП.

3. «Моделирование процессов работы закрытой двухтрубной водяной тепловой сети». Разработать математическую модель, позволяющую проводить расчеты основного и вспомогательного оборудования тепловой сети, параметров потоков энергоносителей при изменении тепловой нагрузки у потребителя.
4. «Моделирование процессов работы паровой тепловой сети с конденсатопроводом». Разработать математическую модель, позволяющую проводить расчеты основного и вспомогательного оборудования паровой сети, параметров потоков энергоносителей при изменении тепловой нагрузки у потребителя.
5. «Моделирование процессов работы двухтрубной водяной системы отопления здания с нижней разводкой». Разработать математическую модель, позволяющую проводить расчеты основного и вспомогательного оборудования системы отопления здания, параметров потоков энергоносителей при изменении тепловой нагрузки у потребителя.
6. «Моделирование процессов работы одноконтурной водяной системы отопления здания с верхней разводкой». Разработать математическую модель, позволяющую проводить расчеты основного и вспомогательного оборудования системы отопления здания, параметров потоков энергоносителей при изменении тепловой нагрузки у потребителя.
7. «Моделирование процессов работы системы горячего водоснабжения многоэтажного здания с циркуляцией». Разработать математическую модель, позволяющую проводить расчеты основного и вспомогательного оборудования системы ГВС здания, параметров потоков энергоносителей при изменении нагрузки у потребителя.
8. «Моделирование процессов работы приточно-вытяжной системы вентиляции здания». Разработать математическую модель, позволяющую проводить расчеты основного и вспомогательного оборудования системы вентиляции здания, параметров потоков энергоносителей при изменении нагрузки у потребителя.
9. «Моделирование процессов работы системы кондиционирования здания». Разработать математическую модель, позволяющую проводить расчеты основного и вспомогательного оборудования системы кондиционирования здания, параметров потоков энергоносителей при изменении нагрузки у потребителя.
10. «Моделирование процессов работы системы газоснабжения района города». Разработать математическую модель, позволяющую проводить расчеты основного и вспомогательного оборудования системы газоснабжения, параметров потоков энергоносителей при изменении нагрузки у потребителя.

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

1. Методы анализа и синтеза теплотехнических систем.
2. Понятие математической модели и алгоритма.
3. Этапы создания физических моделей. Принципы работы и способы построения.
4. Этапы создания математических моделей. Принципы работы и способы построения.
5. Оценка погрешности математического моделирования.
6. Устойчивость решения теплоэнергетических задач.
7. Иерархическая структура математических моделей сложных объектов.
8. Увязка уровней в иерархической сложной модели.
9. Особенности методов решения для многоуровневых иерархических математических моделей.
10. Статистические математические модели; их особенности.
11. Динамические математические модели; их особенности.
12. Разработка алгоритмов реализации математических моделей на ЭВМ.
13. Использование готовых оболочек и программ математического обеспечения ЭВМ для построения алгоритма решения и программы расчетов различных математических моделей.

14. Принципы построения математических моделей конструктивных элементов теплоэнергетического оборудования.
15. Оптимизация конструкции элементов теплоэнергетических систем. Выбор функции и метода решения.
16. Применение математического моделирования для расчета процессов и схем теплоэнергетических установок.
17. Применение математического моделирования для распределения нагрузки между агрегатами тепловых электрических станций.

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 указаниях по подготовке к практическим занятиям, самостоятельной работе и выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Моделирование систем теплоэнергоснабжения». В них содержатся методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям, самостоятельной работе студента и выполнению расчетно-графической работы.

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

а) основная литература

1. Теплогидравлические модели оборудования электрических станций [Электронный ресурс]: - Электрон. дан. - М.: Физматлит, 2013 - 445 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59703
2. Пикина Г.А., Щедркина Т.Е., Волгин В.В. Идентификация объектов управления в теплоэнергетике [Электронный ресурс]: учебное пособие - Электрон. дан. - М.: Издательский дом МЭИ, 2011 - 224 с. - Режим доступа: <http://www.nelbook.ru/?book=67>
3. Ларин Б.М., Бушуев Е.Н. Основы математического моделирования химико-технологических процессов обработки теплоносителя на ТЭС и АЭС [Электронный ресурс]: учебное пособие - Электрон. дан. - М.: Издательский дом МЭИ, 2009 - 310 с. - Режим доступа: <http://www.nelbook.ru/?book=39>

б) дополнительная литература

1. Павлова И.Б. Методы термодинамического анализа эффективности теплоэнергетических установок: учеб. пособие по курсу «Термодинамика» [Электронный ресурс]: - Электрон. дан. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2011. - 112 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=58513
2. Волков Э.П. Избранные труды. В 5 томах. Т. 3. Моделирование процессов горения и пиролиза твердого топлива [Электронный ресурс]: монография - Электрон. дан. - М.: Издательский дом МЭИ, 2014 - 502 с. - Режим доступа: <http://www.nelbook.ru/?book=241>
3. Солодов А.П. Математические модели пленочной конденсации [Электронный ресурс]: учебное пособие - Электрон. дан. - М.: Издательский дом МЭИ, 2011 - 120 с. - Режим доступа: <http://www.nelbook.ru/?book=71>

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

1. Электронно-библиотечная система «Лань» - <http://e.lanbook.com/>
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» - <http://biblioclub.ru/>
3. Электронная библиотека НЭЛБУК - <http://www.nelbook.ru/>
4. Поисковые системы «Яндекс», «Google» для доступа к тематическим информационным ресурсам.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина предусматривает лекции – один раз в две недели и практические занятия – один раз в две недели. Изучение курса завершается сдачей зачета.

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения 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 занятия составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Основная цель проведения практических занятий - формирование у студентов аналитического, творческого мышления путем приобретения практических навыков.

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

Содержание практических 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. 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 занятия выполняют следующие задачи:

- стимулируют регулярное изучение рекомендуемой литературы;
- закрепляют знания, полученные в процессе 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 методические указания, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на вопросы, выносимые на рассмотрение для данного занятия или в соответствии с полученным заданием.

В ходе проведения практического занятия преподаватель проводит устный или письменный опрос студентов, в соответствии с тематикой занятия и индивидуальным или групповым заданием,

полученном студентами на предыдущем занятии, 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 опроса и участия студента в обсуждении вопросов рассматриваемых на практическом занятии выставляется оценка за него.

При подготовке к **зачету** в дополнение к изучению учебных пособий необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной к настоящей программе. При подготовке нужно изучить теорию вопросов выносимых на зачет и уметь представить все связанные с ними практические аспекты, рассмотренные на практических (семинарских) занятиях, а также владеть практическими навыками, приобретенными в ходе занятий.

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** занятий предусматривается использование систем мультимедиа и информационного ресурса интернет.

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

Практические занятия по данной дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук), рабочие места студентов оснащены индивидуальными компьютерами.

Рабочую программу дисциплины разработал:

доцент кафедры ПТЭ
к.т.н., доцент

В.А. Галковский

зав. кафедрой ПТЭ
к.т.н., доцент

В.А. Михайлов

Программа одобрена на заседании кафедры ПТЭ от « 29» августа 2016 года, протокол № 1