

Направление подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»  
Магистерская программа «Энергообеспечение предприятий. Тепломассообменные процессы и установки»  
РПД Б1.Б.2 «Моделирование и алгоритмизация задач теплоэнергетики и теплотехники»



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  
« 26 » 05 2017 г.

#### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ И АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ЗАДАЧ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И ТЕПЛОТЕХНИКИ

(наименование дисциплины)

Направление подготовки: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Магистерская программа: Энергообеспечение предприятий. Тепломассооб-  
менные процессы и установки

Уровень высшего образования: магистратура

Нормативный срок обучения: 2 года 3 мес.

Форма обучения: заочная

Смоленск – 2017 г.

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

**Целью освоения дисциплины** «Моделирование и алгоритмизация задач теплоэнергетики» является подготовка обучающихся к расчетно-проектной и проектно-конструкторской и научной-исследовательской деятельности, приобретение теоретических знаний и практических навыков для моделирования, расчета и анализа работы объектов, определяемых областью профессиональной деятельности магистров, которая включает изучение приемов и методов математического моделирования теплоэнергетического оборудования, оценку влияния различных термодинамических и конструктивных параметров с целью повышения эффективности.

**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:

- ОПК-1: способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки
- ОПК-2: способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы

В результате изучения дисциплины студент должен:

### Знать:

- современный уровень и перспективы дальнейшего развития в области проектирования, исследования и повышения эффективности теплотехнического оборудования и систем (ОПК-1);
- приемы и методы моделирования и расчета данного оборудования на основе различных критериев оценки эффективности работы (ОПК-1);
- современные компьютерные и информационные технологии для проведения инженерных расчетов и исследования эффективности и качества работы оборудования и систем, для оформления результатов исследований (ОПК-2);
- физическую сущность тепловых и гидродинамических процессов теплоэнергетического оборудования и особенности устройства и функционирования соответствующего оборудования (ОПК-2);
- требования и правила оформления и представления результатов научно-исследовательской и проектной работы (ОПК-2).

### Уметь:

- четко ставить цель и задачи исследования, выбирать методы и строить алгоритмы решения поставленной задачи с применением различных критериев оценки эффективности и качества работы оборудования и систем в целом (ОПК-1);
- выполнять расчетные проектные и исследовательские работы в области теплоэнергетики (ОПК-1);
- применять современные компьютерные и информационные технологии при моделировании теплотехнических процессов и оборудования, поиске оптимальных решений и параметров работы (ОПК-2);



- находить творческие нестандартные решения при решении вопросов проектирования и модернизации теплотехнического оборудования и систем (ОПК-2);
- оформлять и представлять результаты научно-исследовательской и проектной работы (ОПК-2);
- делать обобщения и выводы, обосновывать предлагаемые решения (ОПК-2);
- планировать и ставить задачи исследования теплотехнического оборудования и систем, выбирать методы экспериментальной работы (ОПК-2);
- интерпретировать и представлять результаты научных исследований (ОПК-2).

**Владеть:**

- методами расчета теплотехнического оборудования и систем (ОПК-1);
- методиками разработки и применения различных критериев эффективности и качества работы теплотехнического оборудования и систем (ОПК-1);
- навыками работы на ПЭВМ с применением современных компьютерных и информационных технологий в области проектирования и оптимизации работы теплотехнического оборудования (ОПК-2);
- методами и алгоритмами расчета и проектирования и оптимизации нового энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования (ОПК-2);
- методами математического моделирования теплотехнического оборудования и систем с целью поиска оптимальных решений в области повышения эффективности работы оборудования и систем (ОПК-2);
- методами обработки и представления результатов научно-исследовательской и проектной работы (ОПК-2);
- приемами экспериментального исследования работы теплотехнического оборудования и систем; методикой обработки результатов исследований (ОПК-2);
- методами творческого поиска новых идей (ОПК-2).

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Математическое моделирование и алгоритмизация задач теплоэнергетики» относится к базовой части обязательных дисциплин блока Б1.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки в соответствии с ОПК-1, формируемые следующими предшествующими дисциплинами, предусмотренные учебным планом подготовки магистров:

- |             |                                                                         |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Б1.В.ДВ.3.1 | Теория оптимизации систем теплоэнергоснабжения промышленных предприятий |
| Б1.В.ДВ.3.2 | Моделирование и оптимизация многоуровневых теплоэнергетических систем   |

Приобретенные в результате изучения дисциплины «Моделирование и алгоритмизация задач теплоэнергетики и теплотехники» знания, умения и навыки в соответствии с ОПК-1 являются неотъемлемой частью формируемых у выпускника компетенций, согласно федеральному государственному образовательному стандарту по подготовке магистров по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника», и будут использованы при изучении последующих учебных дисциплин:

- |             |                                           |
|-------------|-------------------------------------------|
| Б1.В.ДВ.4.1 | Моделирование систем теплоэнергоснабжения |
| Б1.В.ДВ.4.2 | Энергобалансы систем теплоэнергоснабжения |

|        |                                                                   |
|--------|-------------------------------------------------------------------|
| Б2.У.1 | Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков |
|--------|-------------------------------------------------------------------|

|    |                                     |
|----|-------------------------------------|
| Б3 | Государственная итоговая аттестация |
|----|-------------------------------------|

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки в соответствии с ОПК-2, формируемые следующими предшествующими дисциплинами, предусмотренные учебным планом подготовки магистров:

- Б1.В.ДВ.3.1 Теория оптимизации систем теплоэнергоснабжения промышленных предприятий  
Б1.В.ДВ.3.2 Моделирование и оптимизация многоуровневых теплоэнергетических систем

Знания, полученные в результате освоения данной дисциплины необходимы при выполнении выпускной работы магистра.

### 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:                                                      | базовая   |         |
| № дисциплины по учебному плану:                                   | Б1.Б.2    |         |
| Часов (всего) по учебному плану:                                  | 216       | 2 курс  |
| Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)                            | 6         | 2 курс  |
| Лекции (ЗЕТ, часов)                                               | 0,17, 6   | 2 курс  |
| Практические занятия (ЗЕТ, часов)                                 | 0,22, 8   | 2 курс  |
| Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)                                  | -         | 2 курс  |
| Курсовое проектирование (ЗЕТ, часов)                              | 0,11, 4   | 2 курс  |
| Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего) | 5,25, 189 | 2 курс  |
| Экзамен (ЗЕТ, часов всего)                                        | 0,25, 9   | 2 курс  |

#### Самостоятельная работа студентов

|                                                                     |                        |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Вид работ                                                           | Трудоёмкость, ЗЕТ, час |
| Изучение материалов лекций (лк)                                     | 0,33 12                |
| Подготовка к практическим занятиям (пз)                             | 0,67 24                |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы (лаб)          | -                      |
| Выполнение расчетно-графической работы (реферата)                   | -                      |
| Выполнение курсового проекта                                        | 1,11 40                |
| Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС) | 3,14 113               |
| Подготовка к контрольным работам                                    | -                      |
| Подготовка к тестированию                                           | -                      |
| Всего:                                                              | 5,25 189               |
| Подготовка к экзамену                                               | 0,25 9                 |

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



| №<br>п/п                                                                                      | Темы дисциплины                                                                                                                                                | Всего<br>часов<br>на те-<br>му | Виды учебной занятий, включая самостоя-<br>тельную работу студентов, и трудоем-<br>кость (в часах) |          |          |          |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|------------|
|                                                                                               |                                                                                                                                                                |                                | лк                                                                                                 | Пр       | Лаб      | КП       | СРС        |
| 1                                                                                             | 2                                                                                                                                                              | 3                              | 4                                                                                                  | 5        | 6        |          | 7          |
| 1                                                                                             | Тема 1. Математическое моделиро-<br>вание и алгоритмизация в тепло-<br>энергетике.                                                                             | 33                             | 1                                                                                                  | 2        | –        | –        | 30         |
| 2                                                                                             | Тема 2. Принципы построения мате-<br>матических моделей тепло-<br>энергетического оборудования, оп-<br>тимизация параметров работы и<br>конструкции элементов. | 51                             | 2                                                                                                  | 2        | –        | 2        | 45         |
| 3                                                                                             | Тема 3. Моделирование и исследова-<br>ние работы оборудования и тепло-<br>вых схем ТЭС.                                                                        | 50                             | 1                                                                                                  | 2        | –        | 2        | 45         |
| 4                                                                                             | Тема 4. Методы моделирования на<br>основе графоаналитического пред-<br>ставления объектов исследования.                                                        | 34                             | 2                                                                                                  | 2        | –        | -        | 30         |
| 5                                                                                             | Дополнительная тема на СРС. Ком-<br>бинированная выработка электро-<br>энергии и теплоты на парогазовых<br>установках с котлами-<br>утилизаторами.             | 39                             | –                                                                                                  | –        | –        | –        | 39         |
| <b>всего 216 часа по видам учебных занятий<br/>(включая 9 часов на подготовку к экзамену)</b> |                                                                                                                                                                |                                | <b>6</b>                                                                                           | <b>8</b> | <b>–</b> | <b>4</b> | <b>189</b> |

## Содержание по видам учебных занятий

### Тема 1. Математическое моделирование и алгоритмизация в теплоэнергетике.

**Лекция 1.** Роль математических методов в решении инженерных задач. Понятие математической модели. Классификация математических моделей. Этапы разработки математической модели. Алгоритмизация технических расчетов (1 час).

**Практическое занятие 1.** Теория размерностей и критерии подобия в моделировании теплоэнергетических объектов (2 часа).

**Самостоятельная работа 1.** Подготовка к практическому занятию (всего к теме №1 – 30 ча-  
са).

**Текущий контроль** – устный опрос по теме при подготовке к практическому занятию.

### Тема 2. Принципы построения математических моделей теплоэнергетического оборудова- ния, оптимизация параметров работы и конструкции элементов.

**Лекция 2.** Особенности моделирования теплоэнергетических процессов и объектов. Ис-  
пользование численных методов в тепловых расчетах теплоэнергетических установок. Чис-  
ленные методы решения задач одномерной оптимизации. Численные методы решения задач

одномерной оптимизации. Обобщенная математическая модель теплообменных устройств и аппаратов. Моделирование работы котлов-утилизаторов (2 часа).

**Практическое занятие 2.** Моделирование работы рекуперативных теплообменных аппаратов без изменения агрегатного состояния теплоносителей. Математическая модель и оптимизация работы теплообменника типа “труба в трубе”. Моделирование работы рекуперативных теплообменных аппаратов при наличии фазовых переходов. Определение оптимального удельного падения давления в сети. (2 часа)

**Курсовое проектирование.** Выполнение курсового проекта на тему «Математическая модель и анализ эффективности работы котла-утилизатора» (2 часа).

**Самостоятельная работа 2.** Подготовка к практическим занятиям № 2 (всего к теме №2 – 45 часов).

**Текущий контроль** – устный опрос по теме при подготовке к практическим занятиям; консультации по курсовому проекту.

### **Тема 3. Моделирование и исследование работы оборудования и тепловых схем ТЭС.**

**Лекция 3.** Показатели эффективности ТЭЦ, оптимизация расчетного коэффициента теплофикации. Расчет показателей турбин по энергетическим характеристикам. Выбор профиля турбинного оборудования ТЭС. (1 час).

**Практическое занятие 3.** Аналитическое определение сезонного отпуска теплоты технологическим сантехническим потребителям. Выбор профиля турбинного оборудования ТЭЦ. Распределение электрических нагрузок на КЭС. (2 часа).

**Курсовое проектирование.** Выполнение курсового проекта на тему «Математическая модель и анализ эффективности работы котла-утилизатора» (2 часа).

**Самостоятельная работа 3.** Подготовка к практическим занятиям № 3 (всего к теме №3 – 45 часов). Оформление и подготовка к защите курсового проекта.

**Текущий контроль** – устный опрос по теме при подготовке к практическим занятиям; защита курсового проекта.

### **Тема 4. Методы моделирования на основе графоаналитического представления объектов исследования.**

**Лекция 4.** Элементы теории графов: основные понятия и определения. Алгоритмы анализа граф-схем, принцип декомпозиции сложных систем на основе графоаналитического подхода. Модели потокораспределения, методы решения задач потокораспределения в гидравлических сетях. (2 часа)

**Практическое занятие 4.** Элементы теории графов, виды графов, матричное представление графов. Алгоритмы анализа граф-схем. Принцип декомпозиции сложных систем на основе графо-аналитического подхода. Законы Кирхгофа для гидравлических сетей, принцип декомпозиции при расчете гидравлических цепей. (2 часа).

**Самостоятельная работа 4.** Подготовка к практическим занятиям № 4 (всего к теме №4 – 30 часов).

**Текущий контроль** – устный опрос по теме при подготовке к практическим занятиям.



### **Дополнительная тема на СРС.**

Комбинированная выработка электроэнергии и теплоты на парогазовых установках с котлами-утилизаторами.

**Самостоятельная работа 4.** Самостоятельное изучение указанной темы (39 часов).

**Текущий контроль** – устный опрос по дополнительной теме СРС.

### **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. № И-23.

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

Для обеспечения самостоятельной работы разработаны:

- учебное пособие к лекциям и практическим занятиям по дисциплине,
- методические указания по самостоятельной работе при подготовке к практическим занятиям, выполнении курсового проекта (см. Приложение 1),
- задание и методические указания к выполнению курсового проекта.

## **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 «способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки», ОПК-2 «способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы».

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, самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе решения конкретных технических задач на практических занятиях и выполнении курсового проекта, 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 компетенций 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 отчетах студента по практическим занятиям, курсовому проекту. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных опросах, защите курсового проекта, ответах на практических занятиях.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- современного уровня и перспектив дальнейшего развития в области проектирования, исследования и повышения эффективности теплотехнического оборудования и систем;
- приемов и методов моделирования и расчета данного оборудования на основе различных критериев оценки эффективности работы современного уровня и перспектив дальнейшего развития в области проектирования и повышения эффективности теплотехнического оборудования и систем;

наличие **умения**:

- четко ставить цель и задачи исследования, выбирать методы и строить алгоритмы решения поставленной задачи с применением различных критериев оценки эффективности и качества работы оборудования и систем в целом;
- выполнять расчетные проектные и исследовательские работы в области теплоэнергетики;

присутствие **навыка**:

- применения различных методов расчета теплотехнического оборудования и систем;
- применения методик разработки и применения различных критериев эффективности и качества работы теплотехнического оборудования и систем.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции ОПК-2 «способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы» преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по практическим занятиям, курсовому проекту. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных опросах, защите курсового проекта, ответах на практических занятиях.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- современных компьютерных и информационных технологий для проведения инженерных расчетов и исследования эффективности и качества работы оборудования и систем, для оформления результатов исследований;
- физической сущности тепловых и гидродинамических процессов теплоэнергетического оборудования и особенности устройства и функционирования соответствующего оборудования;
- требований и правил оформления и представления результатов научно-исследовательской и проектной работы;

наличие **умения**:



- применять современные компьютерные и информационные технологии при моделировании теплотехнических процессов и оборудования, поиске оптимальных решений и параметров работы;
- находить творческие нестандартные решения при решении вопросов проектирования и модернизации теплотехнического оборудования и систем;
- оформлять и представлять результаты научно-исследовательской и проектной работы;
- делать обобщения и выводы, обосновывать предлагаемые решения;
- планировать и ставить задачи исследования теплотехнического оборудования и систем, выбирать методы экспериментальной работы;
- интерпретировать и представлять результаты научных исследований;

присутствие **навыка**:

- работы на ПЭВМ с применением современных компьютерных и информационных технологий в области проектирования и оптимизации работы теплотехнического оборудования;
- применения методов и алгоритмов расчета и проектирования, оптимизации нового энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования;
- применения методов математического моделирования теплотехнического оборудования и систем с целью поиска оптимальных решений в области повышения эффективности работы оборудования и систем;
- применения методов обработки и представления результатов научно-исследовательской и проектной работы;
- методами творческого поиска новых идей.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции ОПК-1 «способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки», ОПК-2 «способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы» в процессе защиты курсового проекта, как формы текущего контроля.

В процессе защиты курсового проекта «Математическая модель и анализ эффективности работы котла-утилизатора» студенту задается 2 вопроса из предложенных в методических указаниях.

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 ОПК-1 «способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки», ОПК-2 «способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы» 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 и процессы при работе теплотехнического оборудования, приводить простейшие соотношения для расчета теплотехнического оборудования соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, в дополнение к пороговому самостоятельно выполнять теплотехнические и термодинамические расчеты – соответствует продвинутому уровню; в дополнении к продвинутому способен рассчитывать параметры эффективности работы теплотехнического оборудования и оценивать методы повышения эффективности работы оборудования – 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 «Математическое моделирование и алгоритмизация задач теплоэнергетики» 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, правильно выполнившему практические задание

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, правильно выполнившему практические задание, 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 и/или при выполнении практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины.

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 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). 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 2 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. Основные элементы теплоэнергетических систем.
2. Энергетические критерии эффективности ТЭС ПП.
3. Экономические критерии эффективности ТЭС ПП.
4. Техничко-экономические критерии эффективности ТЭС ПП.
5. Понятие математической модели ТЭУ.
6. В чем заключается оптимальная последовательность расчета ТЭУ.
7. Построение и применение на практике матриц достижимости, контрдостижимости, пересечений, их применение.
8. Сущность метода декомпозиции многосвязных систем.
9. Первый и второй закон Киргоффа для гидравлических цепей.
10. Модели потокораспределения гидравлических сетей.
11. Построение математической модели теплообменников и алгоритмизация расчетов.
12. Целевые функции задач оптимизации теплообменников.
13. Математическая модель рекуперативных теплообменников.
14. Аналитическое определение сезонного отпуска теплоты технологическим потребителям.
15. Аналитическое определение сезонного отпуска теплоты сантехническим потребителям.
16. Алгоритм выбора числа и типов турбин на ТЭЦ.
17. Аналитический метод определения оптимального коэффициента теплофикации.
18. Оптимизация коэффициента теплофикации в условиях ограничений.
19. Принципы распределения нагрузок между конденсационными энергоблоками.
20. Принципы распределения тепловых и электрических нагрузок на ТЭЦ.
21. Алгоритм определения оптимального удельного падения давления в сети.
22. Алгоритм выбора профиля турбинного оборудования ТЭЦ с использованием ЭВМ.
23. Расчет энергетических показателей турбин по энергетическим характеристикам.
24. Методы получения аналитических зависимостей для описания характеристик оборудования ТЭЦ.

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

1. Расчет теплового баланса теплообменного аппарата.
2. Расчет процессов теплоотдачи при вынужденной конвекции.
3. Расчет процессов теплоотдачи при свободной конвекции.
4. Тепловой конструктивный расчет теплообменного аппарата без изменения агрегатного состояния теплоносителей.
5. Тепловой конструктивный расчет теплообменного аппарата при наличии фазовых переходов теплоносителей.
6. Тепловой конструктивный расчет теплообменного аппарата типа «труба в трубе».
7. Расчет теплового баланса для пароперегревателя КУ.
8. Расчет теплового баланса для испарителя КУ.
9. Расчет теплового баланса для экономайзера КУ.
10. Расчет поверхности нагрева КУ.
11. Расчет требуемого напора тепловой сети.
12. Расчет сетевого теплообменника для систем теплоснабжения.
13. Расчет теплопотребления различными группами теплопотребителей.
14. Расчет показателей турбин по энергетическим характеристикам.
15. Выбор профиля турбинного оборудования ТЭЦ.

16. Анализ схемы на наличие контуров «методом прадерева с корнем»
17. Анализ схемы на наличие контуров на основе матрицы изоморфности.
18. Структурный анализ технологической схемы.
19. Построение модели потокораспределения гидравлической сети.
20. Гидравлический расчет закольцованных сетей.

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

Первый вопрос в экзаменационном билете студента – вопрос по лекционному материалу (вопр.1-27). Второй вопрос – задача на тему, близкую к разбираемым на практических занятиях и в процессе выполнения курсового проекта (вопр.28-43).

1. Теплоэнергетические системы и их элементы.
2. Критерии эффективности ТЭС ПП.
3. Математическое моделирование ТЭУ.
4. Оптимальная последовательность расчета ТЭУ.
5. Анализ структуры сложных систем; матрицы достижимости, контрдостижимости, пересечений; их применение.
6. Принципы декомпозиции многосвязных систем.
7. Первый и второй закон Кирггоффа для гидравлических цепей.
8. Модели потокораспределения гидравлических сетей.
9. Математическое моделирование рекуперативных теплообменников.
10. Постановка задачи оптимизации теплообменников.
11. Обобщенная модель рекуперативных теплообменников.
12. Аналитическое определение сезонного отпуска теплоты технологическим потребителям.
13. Аналитическое определение сезонного отпуска теплоты сантехническим потребителям.
14. Выбор числа и типов турбин на ТЭЦ.
15. Аналитический метод определения оптимального коэффициента теплофикации.
16. Оптимизация коэффициента теплофикации в условиях ограничений.
17. Распределение нагрузок между конденсационными энергоблоками.
18. Распределение тепловых и электрических нагрузок на ТЭЦ.
19. Определение оптимального удельного падения давления в сети.
20. Выбор профиля турбинного оборудования ТЭЦ с использованием ЭВМ.
21. Расчет энергетических показателей турбин по энергетическим характеристикам.
22. Оптимизация расчетного коэффициента теплофикации.
23. Расчет принципиальной схемы турбин типа Т.
24. Расчет принципиальной тепловой схемы турбин типа ПТ.
25. Распределение оптимальной расчетной температуры воды в сети.
26. Расчет показателей турбин по диаграммам режимов работы.
27. Методы получения аналитических зависимостей для описания характеристик оборудования ТЭЦ.
28. Привести алгоритм расчета теплообменного аппарата без изменения агрегатного состояния теплоносителей.
29. Привести алгоритм расчета теплообменного аппарата при наличии фазовых переходов теплоносителей.
30. Привести алгоритм расчета теплообменного аппарата типа «труба в трубе».
31. Привести алгоритм расчета теплового баланса для пароперегревателя КУ.



32. Привести алгоритм расчета теплового баланса для испарителя КУ.
33. Привести алгоритм расчета теплового баланса для экономайзера КУ.
34. Привести алгоритм расчета поверхности нагрева КУ.
35. Привести алгоритм расчета требуемого напора тепловой сети.
36. Привести алгоритм расчета сетевого теплообменника для систем теплоснабжения.
37. Привести алгоритм расчета теплопотребления различными группами теплопотребителей.
38. Привести алгоритм расчета показателей турбин по энергетическим характеристикам.
39. Привести алгоритм выбора профиля турбинного оборудования ТЭЦ.
40. Выполнить анализ предложенной схемы на наличие контуров «методом прадерева с корнем»
41. Выполнить анализ предложенной схемы на наличие контуров на основе матрицы изоморфности.
42. Выполнить структурный анализ предложенной технологической схемы.
43. Представить модель потокораспределения для предложенной схемы гидравлической сети.

#### **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 «Математическое моделирование и алгоритмизация задач теплоэнергетики», в которые входят методические рекомендации к выполнению курсового проекта (приложение 2 к настоящей РПД) и заданий на самостоятельную работу во время практических занятий (приложение 1 к настоящей РПД).

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

#### **а) основная литература**

1. Трухний А.Д. Парогазовые установки электростанций. - М.: Изд-во МЭИ, 2013.-648с. Доступ по адресу <http://www.nelbook.ru/?book=212>.
2. Аверченков В.И., Федоров В.П., Хейфец М.Л. Основы математического моделирования технических систем. Учебное пособие. - М.: Изд-во «ФЛИНТА», 2011.-271с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93344>
3. Долгов А.И. Алгоритмизация прикладных задач. Учебное пособие. - М.: Изд-во «ФЛИНТА», 2011.-136с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=author&id=19604>
4. Лавыгин В.М., Назмиев Ю.Г. Теплообменные аппараты ТЭС : учебное пособие для ВУЗов. М.:Изд-во МЭИ, 2007.-260с. Доступ по адресу . <http://www.nelbook.ru/?book=178>

#### **б) дополнительная литература**

1. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. - М.: Изд-во МЭИ, 2002.-584с.
2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Изд-во МЭИ, 2009.-472с. Доступ по адресу <http://www.nelbook.ru/?book=140>.
3. Сазанов Б.В., Ситас В.И. Промышленные теплоэнергетические установки и системы. М.: Изд-во МЭИ, 2014.-275с. Доступ по адресу <http://www.nelbook.ru/?book=221>

4. Лесин В.В., Лисовец Ю.П. Основы методов оптимизации. Учебное пособие.-  
СПб.:Лань,2011.-352с. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=1552](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=1552)

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

1. Официальный сайт библиотеки МЭИ в г. Смоленске – <http://lib.sbmpei.ru/>
2. Электронная библиотека НЭЛБУК - <http://www.nelbook.ru/>
3. ЭБС «ЛАНЬ» - <http://e.lanbook.com>
4. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» - <http://bibliochub.ru>
5. Поисковые системы «Яндекс», «Google» для доступа к тематическим информационным ресурсам.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Дисциплина предусматривает лекции – 4 часа, практические занятия – 8 часов. Изучение курса завершается экзаменом.

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 (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 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.

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 доследовать 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.

При подготовке к **экзамену** в дополнение к изучению конспектов лекций, учебных пособий и слайдов, необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной к настоящей программе. При подготовке к экзамену нужно изучить теорию: определения всех понятий и подходы к оцениванию до состояния понимания материала и самостоятельно решить по несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо уметь качественно интерпретировать итог решения.

**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.

При проведении **практических** занятий предусматривается использование систем мультимедиа и персональных ЭВМ.

#### 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 аудитории, оснащенной мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и ПЭВМ.

Автор к.т.н., доцент  Кабанова И.А.

Зав. кафедрой к.т.н., доцент  Михайлов В.А.

Программа одобрена на заседании кафедры ПТЭ от 24 января 2017 года, протокол №1.