

Направление подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
Магистерская программа «Энергообеспечение предприятий. Тепломассообменные процессы и установки»
РПД Б1.О.05 «Моделирование и алгоритмизация задач теплоэнергетики»



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

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора
по учебно-методической работе
филиала ФГБОУ ВО "НИУ "МЭИ"
в г. Смоленске

В.В. Рожков

«10» 02 2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование и алгоритмизация задач теплоэнергетики

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки (специальность): **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**

Год набора: **2023**

Смоленск

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Моделирование и алгоритмизация задач теплоэнергетики» является подготовка обучающихся к расчетно-проектной и проектно-конструкторской и научно-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 работы оборудования.

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

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Моделирование и алгоритмизация задач теплоэнергетики» относится к обязательной части программы.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые первой ступенью высшего образования (бакалавриат).

Знания, умения и навыки, полученные студентами в процессе изучения данной дисциплины, являются базовыми для изучения следующих дисциплин:

- Исследование режимов работы и оптимизация параметров трансформаторов тепла;
- Оптимизация инженерных сетей зданий и сооружений.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - современный уровень и перспективы дальнейшего развития в области проектирования, исследования и повышения эффективности теплотехнического оборудования и систем. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 си-

		<p>стем в целом.</p> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами и алгоритмами расчета, проектирования и оптимизации нового энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования.
	<p>УК-1.2 Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - приемы и методы моделирования и расчета данного оборудования на основе различных критериев оценки эффективности работы. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - организовывать серию экспериментов для достижения заданной цели исследования моделей элементов теплоэнергетических систем. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами применения математического моделирования теплотехнического оборудования и систем с целью поиска оптимальных решений в области повышения эффективности работы оборудования и систем; - методами планирования эксперимента, методами сбора, обработки и представления информации, моделирующими процедурами программно-методических комплексов.
	<p>УК-1.3 Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физическую сущность тепловых и гидродинамических процессов теплоэнергетического оборудования и особенности устройства и функционирования соответствующего оборудования. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - находить творческие нестандартные решения при решении вопросов проектирования и модернизации теплотехнического оборудования и систем;

		<p>- продуктивно работать с источниками информации, находить оптимальные пути решения поставленных задач, использовать пакеты прикладных программ для расчета параметров оборудования.</p> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none">- методами творческого поиска новых идей;- методикой разработки и применения математических моделей теплоэнергетических систем.
	<p>УК-1.4 Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none">- современные компьютерные и информационные технологии для проведения инженерных расчетов и исследования эффективности и качества работы оборудования и систем и оформления результатов исследований. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none">- планировать и ставить задачи исследования теплотехнического оборудования и систем, выбирать методы экспериментальной работы;- обоснованно проводить формализацию исследуемых моделей элементов теплоэнергетических систем. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none">- методами обработки и представления результатов научно-исследовательской и проектной работы.
	<p>УК-1.5 Строит сценарии реализации стратегии, определяя возможные риски и предлагая пути их устранения</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none">- методику проведения вычислительного эксперимента с моделями элементов теплоэнергетических систем на ЭВМ;- методы исследования математических моделей элементов теплоэнергетических систем разных типов;- основные прикладные программные средства для исследовательских

		<p>работ.</p> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - делать обобщения и выводы, обосновывать предлагаемые решения; - интерпретировать и представлять результаты научных исследований. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками работы на ПЭВМ с применением современных компьютерных и информационных технологий в области проектирования и оптимизации работы теплотехнического оборудования; - методикой исследования математических моделей элементов теплоэнергетических систем разных типов.
<p>УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки</p>	<p>УК-6.1 Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методологию научных исследований и основные методы научного познания, состав и программное обеспечение автоматизированных систем, методы создания и анализа моделей. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, с мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - способностью формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, с мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик.

	<p>УК-6.2 Определяет приоритеты профессионального роста и способности совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none">- теплотехническое и теплотехнологическое оборудование, эксплуатационные характеристики с учетом динамики обновления оборудования. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none">- формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выявлять и создавать критерии оценки. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none">- современными методами выявления приоритетов решения задач и критериями их оценки.
	<p>УК-6.3 Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, используя инструменты непрерывного образования, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности и динамично изменяющихся требований рынка труда</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none">- современные методы и критерии оценки исследований в области соответствующих знаний. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none">- использовать в профессиональной деятельности действующие технические регламенты, стандарты, требования и правила;- проводить технические расчеты 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. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none">-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 теплоэнергетиче-

*Направление подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
Магистерская программа «Энергообеспечение предприятий. Тепломассообменные процессы и установки»
РПД Б1.О.05 «Моделирование и алгоритмизация задач теплоэнергетики»*



		ского, теплотехнического и тепло-технологического оборудования.
--	--	-----------------------------------------------------------------

Содержание дисциплины:

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание
1	<p>лекционные занятия 17 шт. по 2 часа:</p> <p>1.1. Роль математических методов в решении инженерных задач. Понятие математической модели. Классификация математических моделей.</p> <p>1.2. Этапы разработки математической модели. Алгоритмизация технических расчетов.</p> <p>1.3. Особенности моделирования теплоэнергетических процессов и объектов.</p> <p>1.4. Использование численных методов в тепловых расчетах теплоэнергетических установок.</p> <p>1.5. Численные методы решения задач одномерной оптимизации.</p> <p>1.6. Обобщенная математическая модель теплообменных устройств и аппаратов</p> <p>1.7. Моделирование работы котлов-утилизаторов.</p> <p>1.8 Моделирование расчета и оценки эффективности работы теплообменных аппаратов.</p> <p>1.9. Показатели эффективности ТЭЦ, оптимизация расчетного коэффициента теплофикации.</p> <p>1.10. Расчет показателей турбин по энергетическим характеристикам.</p> <p>1.11. Выбор профиля турбинного оборудования ТЭС.</p> <p>1.12. Распределение тепловых и электрических нагрузок на ТЭС.</p> <p>1.13. Распределение тепловых и электрических нагрузок между энергоблоками на ТЭЦ.</p> <p>1.14. Элементы теории графов: основные понятия и определения. Алгоритмы анализа граф-схем.</p> <p>1.15. Принцип декомпозиции сложных систем на основе графоаналитического подхода.</p> <p>1.16. Структурный анализ модели энергоблока с паровым котлом и его систем регулирования.</p> <p>1.17. Модели потокораспределения, методы решения задач потокораспределения в гидравлических сетях.</p>
2	<p>практические занятия 8 шт. по 2 часа:</p> <p>2.1. Моделирование работы рекуперативных теплообменных аппаратов без изменения агрегатного состояния теплоносителей. Математическая модель и оптимизация работы теплообменника типа “ труба в трубе ”.</p> <p>2.2. Моделирование работы рекуперативных теплообменных аппаратов при наличии фазовых переходов.</p> <p>2.3. Математическая модель и алгоритм расчета котла – утилизатора.</p> <p>2.4. Элементы теории графов, виды графов, матричное представление графов.</p> <p>2.5. Алгоритмы анализа граф-схем.</p> <p>2.6. Принцип декомпозиции сложных систем на основе графо-аналитического подхода.</p> <p>2.7. Законы Кирхгофа для гидравлических сетей, принцип декомпозиции при расчете гидравлических цепей.</p> <p>2.8. Методы решения задач потокораспределения в гидравлических сетях.</p>

3	расчетно-графическая работа: Математическое моделирование и анализ эффективности работы теплоэнергетического оборудования.
4	самостоятельная работа студентов: 1. Энергетические, экономические и технико-экономические критерии эффективности ТЭС ПП. Модели потокораспределения гидравлических сетей. Алгоритмизация расчетов по математическим моделям теплообменников. Определение оптимального значения коэффициента теплофикации. Определение оптимального удельного падения давления в сети. Аналитическое определение сезонного отпуска теплоты технологическим потребителям. Аналитическое определение сезонного отпуска теплоты сантехническим потребителям. Методы получения аналитических зависимостей для описания характеристик оборудования ТЭЦ. 2. Подготовка к практическим занятиям (изучение теоретического материала по теме) 3. Выполнение расчетно-графической работы.

Текущий контроль:

1. Тестирование по основным разделам дисциплины.
2. Устный опрос у доски на практических занятиях.
3. Поэтапный контроль выполнения расчетно-графической работы.
4. Защита расчетно-графической работы.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Таблица - Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной занятий по дисциплине

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1	Лекции	Интерактивная лекция (лекция-визуализация). Индивидуальные и групповые консультации по дисциплине.
2	Практические занятия	Технология обучения на основе решения задач и выполнения упражнений
3	Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная)	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине).
4	Контроль (промежуточная)	Экзамен - технология письменного контроля.

аттестация: экзамен)	
----------------------	--

6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ – ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

К промежуточной аттестации студентов по дисциплине могут привлекаться представители работодателей, преподаватели последующих дисциплин, заведующие кафедрами.

Оценка качества освоения дисциплины включает как текущий контроль успеваемости, так и промежуточную аттестацию.

Тест «Моделирование и компьютерные технологии в теплоэнергетике»

1. Модель объекта это...

- 1) предмет похожий на объект моделирования;
- 2) объект - заместитель, который учитывает свойства объекта, необходимые для достижения цели;
- 3) копия объекта;
- 4) шаблон, по которому можно произвести точную копию объекта.

2. Основная функция модели это:

- 1) получить информацию о моделируемом объекте;
- 2) отобразить некоторые характеристические признаки объект;
- 3) получить информацию о моделируемом объекте или отобразить некоторые характеристические признаки объекта;
- 4) воспроизвести физическую форму объекта.

3. Математические модели относятся к классу...

- 1) изобразительных моделей;
- 2) прагматических моделей;
- 3) познавательных моделей;
- 4) символических моделей.

4. Математической моделью объекта называют...

- 1) описание объекта математическими средствами, позволяющее выводить суждение о некоторых его свойствах при помощи формальных процедур;
- 2) любую символическую модель, содержащую математические символы;
- 3) представление свойств объекта только в числовом виде;
- 4) любую формализованную модель.

5. Методами математического моделирования являются ...

- 1) аналитический;
- 2) числовой;
- 3) аксиоматический и конструктивный;

- 4) имитационный.
6. Какая форма математической модели отображает предписание последовательности некоторой системы операций над исходными данными с целью получения результата:
- 1) аналитическая;
 - 2) графическая;
 - 3) цифровая;
 - 4) алгоритмическая.
7. Объект, состоящий из вершин и ребер, которые между собой находятся в некотором отношении, называют...
- 1) системой;
 - 2) чертежом;
 - 3) структурой объекта;
 - 4) графом.
8. Эффективность математической модели определяется ...
- 1) оценкой точности модели;
 - 2) функцией эффективности модели;
 - 3) соотношением цены и качества;
 - 4) простотой модели.
9. Адекватность математической модели и объекта это...
- 1) правильность отображения в модели свойств объекта в той мере, которая необходима для достижения цели моделирования;
 - 2) полнота отображения объекта моделирования;
 - 3) количество информации об объекте, получаемое в процессе моделирования;
 - 4) объективность результата моделирования.
10. Состояние объекта определяется ...
- 1) количеством информации, полученной в фиксированный момент времени;
 - 2) множеством свойств, характеризующим объект в фиксированный момент времени относительно заданной цели;
 - 3) только физическими данными об объекте;
 - 4) параметрами окружающей среды.
11. Изменение состояния объекта отображается в виде ...
- 1) статической модели;
 - 2) детерминированной модели;
 - 3) динамической модели;
 - 4) стохастической модели.
12. Декомпозиция это ...
- 1) процедура разложения целого на части с целью описания объекта;
 - 2) процедура объединения частей объекта в целое;

- 3) процедура изменения структуры объекта;
- 4) процедура сортировки частей объекта.

13. Установление равновесия между простотой модели и качеством отображения объекта называется...

- 1) дискретизацией модели;
- 2) алгоритмизацией модели;
- 3) линеаризацией модели;
- 4) идеализацией модели.

14. Имитационное моделирование ...

- 1) воспроизводит функционирование объекта в пространстве и времени;
- 2) моделирование, в котором реализуется модель, производящая процесс функционирования системы во времени, а также имитируются элементарные явления, составляющие процесс;
- 3) моделирование, воспроизводящее только физические процессы;
- 4) моделирование, в котором реальные свойства объекта заменены объектами – аналогами.

15. Планирование эксперимента необходимо для...

- 1) точного предписания действий в процессе моделирования;
- 2) выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью;
- 3) выполнения плана экспериментирования на модели;
- 4) сокращения числа опытов.

16. Модель детерминированная ...

- 1) матрица, детерминант которой равен единице;
- 2) объективная закономерная взаимосвязь и причинная взаимообусловленность событий;
- 3) модель, в которой все события, в том числе, случайные ранжированы по значимости;
- 4) система непредвиденных, случайных событий.

17. Дискретизация модели это процедура...

- 1) отображения состояний объекта в заданные моменты времени;
- 2) процедура, которая состоит в преобразовании непрерывной информации в дискретную;
- 3) процедура разделения целого на части;
- 4) приведения динамического процесса к множеству статических состояний объекта.

18. Свойство, при котором модели могут быть полностью или частично использоваться при создании других моделей:

- 1) универсальностью;
- 2) неопределенностью;
- 3) неизвестностью;
- 4) случайностью.

19. Непрерывно-детерминированные схемы моделирования определяют...

- 1) математическое описание системы с ¹⁴ помощью непрерывных функций с учётом

случайных факторов;

2) математическое описание системы с помощью непрерывных функций без учёта случайных факторов;

3) математическое описание системы с помощью функций непрерывных во времени;

4) математическое описание системы с помощью дискретно-непрерывных функций.

20. Погрешность математической модели связана с ...

1) несоответствием физической реальности, так как абсолютная истина недостижима;

2) неадекватностью модели;

3) неэкономичностью модели;

4) неэффективностью модели.

21. Математическое моделирование – это ...

1) создание моделирующего алгоритма;

2) замещение одного объекта другим с целью получения информации о важнейших свойствах объекта-оригинала;

3) описание исследуемого объекта с помощью правил и формул;

4) все перечисленные.

22. Какие этапы не входят в состав технологии моделирования:

1) структурный анализ процессов;

2) постановка задачи;

3) формализованное описание модели;

4) построение модели;

5) проведение экстремального эксперимента.

23. Что не является критерием эффективности компьютерного моделирования:

1) точность и достоверность результатов моделирования;

2) время построения и работы с моделью;

3) срок окупаемости модели системы;

4) затраты машинных ресурсов;

5) стоимость разработки и эксплуатации модели.

Тест «Теплообменные аппараты».

1. Определение регенеративных теплообменных аппаратов:

1) аппараты в которых теплота от одного теплоносителя к другому передается в процессе их смешивания;

2) аппараты в которых теплота от одного теплоносителя к другому передается через разделяющую их стенку;

3) аппараты в которых теплоносители движутся попеременно по одному и тому же каналу, сначала горячий теплоноситель отдает тепло стенкам канала, потом холодный теплоноситель воспринимает это тепло;

2. Как называют теплообменные аппараты с трубчатой поверхностью.

1) спиральные;

2) пластинчатые;

3) кожухотрубные.

3. Для каких процессов применяют кожухотрубные теплообменные аппараты:
 - 1) для нагрева и охлаждения жидкостей и газов, для испарения и конденсации теплоносителей в различных технологических процессах;
 - 2) для разделения смесей;
 - 3) для очистки загрязнённых сред.
4. Из каких основных элементов состоит кожухотрубный теплообменный аппарат:
 - 1) из кожуха, пучка труб, трубных решеток, коллекторов, поворотных камер, патрубков, крепежных болтов, поперечных перегородок, стоек;
 - 2) из змеевика, трубы, опорных элементов;
 - 3) из кожуха и пучка труб, закреплённых в трубных решетках (досках), поворотных камер, коллекторов.
5. От чего зависит выбор материала для изготовления теплообменных аппаратов:
 - 1) от желания конструктора;
 - 2) от температуры, при которой происходит теплообмен между теплоносителями, т.е. от технологических условий протекания процесса;
 - 3) от рекомендаций, изложенных в периодической печати.
6. Для каких процессов применяют теплообменники с плавающей головкой ТП:
 - 1) для испарения при температурах выше 100 °С;
 - 2) для нагрева или охлаждения жидких и газообразных сред при температурах от –30 до +4500С и давлении от 1,6 МПа до 6,4 МПа;
 - 3) для кипячения при вакууме.
7. Для каких температур применяют теплообменники с U-образными трубами:
 - 1) при температурах от (–)30 до +4500С при давлении от 1,6 МПа до 6,4 МПа;
 - 2) при температуре среды от 100 0С и ниже;
 - 3) при температуре среды от 100 0С и выше.
8. С какой целью устанавливают перегородки в межтрубном пространстве:
 - 1) для остановки течения теплоносителя;
 - 2) для увеличения скорости теплоносителя;
 - 3) для изменения направления движения теплоносителя с целью омыwania наружной поверхности трубок преимущественно в поперечном направлении.
9. При расчете конвективного теплообмена в тепловых аппаратах искомыми величинами являются:
 - 1) коэффициент теплоотдачи α и гидравлическое сопротивление ΔP ;
 - 2) коэффициент теплоотдачи α и коэффициент теплопроводности λ
 - 3) коэффициент теплопроводности λ и гидравлическое сопротивление ΔP .
 - 4) Коэффициент теплопередачи k и тепловой поток Q
10. Интенсивность процесса теплопередачи зависит от:
 - 1) коэффициента теплоотдачи от горячей жидкости стенке и коэффициента теплоотдачи от стенки к холодной жидкости;
 - 2) теплопроводных свойств стенки, через которую происходит процесс теплопередачи;

- 3) коэффициентов теплоотдачи с обеих сторон стенки и коэффициента теплопроводности материала стенки.

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 Кирхгофа 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 теплотребления различными группами теплотребителей.
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 Кирхгоффа 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.

В филиале используется система с традиционной шкалой оценок – "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно", "зачтено", "не зачтено" (далее - пятибалльная система).

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине – экзамен во 2-м семестре.

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

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«отлично»/ «зачтено (отлично)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему 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; проявившему 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 практическое задание. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «эталонный».
«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющему предусмотренные задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом не принципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляется

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
	ются обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «продвинутый».
«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, знакомому с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившему погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившему другие практические задания из того же раздела дисциплины.. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «пороговый».
«неудовлетворительно»/ не зачтено	Выставляется обучающемуся, 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. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебное и учебно-лабораторное оборудование

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного, практического типов, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; демонстрационным оборудованием: персональным компьютером (ноутбуком); переносным (стационарным) проектором.

Для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине используется помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональным компьютерами с подключением к сети "Интернет" и доступом в ЭИОС филиала.

Программное обеспечение

Комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере;
- используется специальная учебная аудитория для лиц с ЛОВЗ – ауд. 106 главного учебного корпуса по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д, д.1, здание энергетического института (основной корпус).

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены филиалом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература.

1. 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>
2. 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>
3. Кабанова И.А., Галковский В.А., Михайлов В.А. Математическое моделирование теплоэнергетических объектов. Монография. - Смоленск: РИО филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, 2016 – 114 с.

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 : учебник для вузов. / Соколов Е. Я. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01166-9. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011669.html>
3. Сазанов, Б. В. Промышленные теплоэнергетические установки и системы : учеб. пособие для вузов / Сазанов Б. В. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01246-8. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012468.html>
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?p11_id=1552

Список авторских методических разработок.

1. Кабанова И.А., Галковский В.А., Михайлов В.А. Математическое моделирование тепло-энергетических объектов. Монография. - Смоленск: РИО филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, 2016 – 114 с.



ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но- мер изме- мене- ния	Номера страниц				Всего стра- ниц в доку- менте	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего измене- ния в данный эк- земпляр	Дата внесения из- менения в данный эк- земпляр	Дата введения из- менения
	изме- нен- ных	заме- нен- ных	но- вых	анну- лиро- ванн- ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10