

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Парлюк Екатерина Петровна

Должность: И.о. директора института механики и энергетики имени В.П. Горячкина

Дата подписания: 17.07.2022 13:30:13

Уникальный программный идентификатор: 7823a3d3181287ca51a86a4c00036179345d45



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»  
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт механики и энергетики им. В.П. Горячкина

Кафедра «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий»

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора ИМиЭ им. В.П. Горячкина

Шевкун Н.А.

2022 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.В.03.04 МОДЕЛИРОВАНИЕ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ**  
для подготовки магистров

ФГОС ВО

Направление: 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника  
Направленность: Энергообеспечение предприятий

Курс 2  
Семестр 3

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2022

Москва, 2022

Разработчик: Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент

  
« 14 » 10 2022 г.

Рецензент: Андреев С.А., к.т.н., доцент

  
« 14 » 10 2022 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта и учебного плана по направлению подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника.

Программа обсуждена на заседании кафедры «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий» протокол № 3 от « 14 » 10 2022 г.

И.о.зав. кафедрой Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент

  
« 14 » 10 2022 г.

**Согласовано:**

/ Председатель учебно-методической комиссии ИМиЭ им. В.П. Горячкина академик РАН, д.т.н., профессор Дидманидзе О.Н.  
Протокол № 3 от « 14 » 10 2022 г.



И.о. зав. выпускающей кафедрой теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент

  
« 14 » 10 2022 г.

/ Заведующий отделом комплектования ЦНБ

  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ .....</b>	<b>4</b>
<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ , СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>5</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ .....	5
ПО СЕМЕСТРАМ .....	5
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	7
4.3 ЛЕКЦИИ/ПРАКТИЧЕСКИЕ/ ЗАНЯТИЯ .....	8
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....</b>	<b>12</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>13</b>
6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности .....	13
6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания .....	15
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>16</b>
7.1 Основная литература .....	16
7.2 Дополнительная литература .....	16
7.3 Нормативные правовые акты .....	17
7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям .....	17
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>17</b>
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ .....</b>	<b>17</b>
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>18</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ ..</b>	<b>18</b>
Виды и формы отработки пропущенных занятий .....	18
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>18</b>

## **Аннотация**

### **рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.03.04 Моделирование в теплоэнергетике для подготовки магистра по направлению 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника направленности - Энергообеспечение предприятий**

**Цель освоения дисциплины:** является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих способность рассчитывать и проектировать с использованием цифровых технологий и инструментов теплотехническое оборудование, в котором используются традиционные, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в формируемую участниками образовательных отношений часть учебного плана по направлению подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: ПКос-1 (ПКос-1.1, ПКос-1.2).

**Краткое содержание дисциплины:** Раздел 1. Математическое моделирование в теплоэнергетике. Раздел 2. Принципы построения математических моделей теплоэнергетического оборудования, оптимизация параметров работы и конструкции элементов. Раздел 3. Моделирование и исследование работы оборудования и тепловых схем ТЭС. Раздел 4. Методы моделирования на основе графоаналитического представления объектов исследования.

**Общая трудоемкость дисциплины** 72 (в т.ч. практическая подготовка: 4 ч.) /2 (час./з.е.)

**Промежуточный контроль:** зачет с оценкой

## **1. Цель освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Моделирование в теплоэнергетике» является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих способность рассчитывать и проектировать с использованием цифровых технологий и инструментов теплотехническое оборудование, в котором используются традиционные, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.

## **2. Место дисциплины в учебном процессе**

Дисциплина «Моделирование в теплоэнергетике» относится к формируемой участниками образовательных части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Дисциплина «Моделирование в теплоэнергетике» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника направленности – Энергообеспечение предприятий.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Моделирование в теплоэнергетике» являются: Б1.О.01 Методология научных исследований, Б1.О.02 Моделирование электротехнологических процессов.

Дисциплина «Моделирование в теплоэнергетике» является основополагающей для изучения дисциплины Б1.О.04 «Технико-экономическое обоснование и управление проектом в электроэнергетике», Б1.В.03.01 «Проектирование теплоэнергетических систем».

Данная дисциплина «Моделирование в теплоэнергетике» используется при подготовке студентами выпускных квалификационных работ.

Рабочая программа дисциплины «Моделирование в теплоэнергетике» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

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

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимся, представлены в таблице 1.

### **4. Структура и содержание дисциплины**

#### **4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам**

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач.ед. (72 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице 2.

Таблица 1

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций (для 3++)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ПКос-1	Способен рассчитывать и проектировать теплотехническое оборудование, в котором используются традиционные, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии	ПКос-1.1 Демонстрирует знания основных технических средств и методов математического моделирования теплотехнического оборудования	знать основные технические средства и методы математического моделирования теплотехнического оборудования	применять современные компьютерные и информационные технологии при моделировании теплотехнических процессов и оборудования, поиске оптимальных решений и параметров работы.	Навыками работы на ПЭВМ с применением современных компьютерных и информационных технологий в области математического моделирования теплотехнического оборудования, навыками обработки и интерпретации информации с помощью программных продуктов Excel, Word, Power Point, Pictochart и др., осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom.
			ПКос-1.2 Применяет методы и технические средства проектирования теплотехнического оборудования	основные методы математического моделирования и технические средства проектирования теплотехнического оборудования	уметь применять методы математического моделирования при проектировании теплотехнического оборудования, в том числе с применением современных цифровых инструментов	владеет методикой математического моделирования методами и техническими средствами при проектировании теплотехнического оборудования

Таблица 2

## Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре

Вид учебной работы	Трудоёмкость, час. всего/*
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>72/4</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>44,35/4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>44,35/4</b>
<i>в том числе:</i>	
<i>лекции (Л)</i>	14
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	30/4
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>27,65</b>
<i>расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)</i>	10
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям и т.д.)</i>	8,65
<i>Подготовка к зачёту с оценкой (контроль)</i>	9
Вид промежуточного контроля:	зачёт с оценкой

## 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

## Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ПКР	
<b>Раздел 1.</b> Математическое моделирование в теплоэнергетике.	9	2	2	–	5
<b>Раздел 2.</b> Принципы построения математических моделей теплоэнергетического оборудования, оптимизация параметров работы и конструкции элементов.	21/4	4	8/4	–	9
<b>Раздел 3.</b> Моделирование и исследование работы оборудования и тепловых схем ТЭС.	16	2	8	–	6
<b>Раздел 4.</b> Методы моделирования на основе графоаналитического представления объектов исследования.	25,65	6	12	–	7,65
<i>Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35	–	–	0,35	–
<b>Всего за 1 семестр</b>	<b>72/4</b>	<b>14</b>	<b>30/4</b>	<b>0,35</b>	<b>27,65</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>72/4</b>	<b>14</b>	<b>30/4</b>	<b>0,35</b>	<b>27,65</b>

### **Раздел 1. Математическое моделирование в теплоэнергетике.**

Тема 1. Математическое моделирование в теплоэнергетике. Роль математических методов в решении инженерных задач. Понятие математической модели. Классификация математических моделей. Этапы разработки математической модели. Алгоритмизация технических расчетов. Теория размерностей и критерии подобия в моделировании теплоэнергетических объектов.

**Раздел 2.** Принципы построения математических моделей теплоэнергетического оборудования, оптимизация параметров работы и конструкции элементов.

Тема 2. Принципы построения математических моделей теплоэнергетического оборудования, оптимизация параметров работы и конструкции элементов. Особенности моделирования теплоэнергетических процессов и объектов. Использование численных методов в тепловых расчетах теплоэнергетических установок. Численные методы решения задач одномерной оптимизации. Моделирование работы рекуперативных теплообменных аппаратов без изменения агрегатного состояния теплоносителей. Математическая модель и оптимизация работы теплообменника типа «труба в трубе».

Обобщенная математическая модель теплообменных устройств и аппаратов. Моделирование работы рекуперативных теплообменных аппаратов при наличии фазовых переходов. Определение оптимального удельного падения давления в сети.

**Раздел 3.** Моделирование и исследование работы оборудования и тепловых схем ТЭС.

Тема 3. Моделирование и исследование работы оборудования и тепловых схем ТЭС. Показатели эффективности ТЭЦ, оптимизация расчетного коэффициента теплофикации. Расчет показателей турбин по энергетическим характеристикам. Аналитическое определение сезонного отпуска теплоты технологическим сантехническим потребителям. Выбор профиля турбинного оборудования ТЭС. Распределение тепловых и электрических нагрузок на ТЭС. Выбор профиля турбинного оборудования ТЭЦ. Распределение электрических нагрузок на КЭС. Распределение тепловых и электрических нагрузок на ТЭЦ.

**Раздел 4.** Методы моделирования на основе графоаналитического представления объектов исследования.

Тема 4. Методы моделирования на основе графоаналитического представления объектов исследования. Элементы теории графов: основные понятия и определения. Алгоритмы анализа граф-схем, принцип декомпозиции сложных систем на основе графоаналитического подхода. Элементы теории графов, виды графов, матричное представление графов. Алгоритмы анализа граф-схем. Принцип декомпозиции сложных систем на основе графоаналитического подхода. Структурный анализ модели энергоблока с паровым котлом и его систем регулирования. Структурный анализ модели энергоблока с паровым котлом и его систем регулирования. Модели потокораспределения, методы решения задач потокораспределения в гидравлических сетях. Законы Кирхгофа для гидравлических сетей, принцип декомпозиции при расчете гидравлических цепей. Методы решения задач потокораспределения в гидравлических сетях.

## **4.3 Лекции/ практические занятия**

Таблица 4

### **Содержание лекций/практических занятий и контрольные мероприятия**

<b>№ п/п</b>	<b>Название раздела, темы</b>	<b>№ и название лекций/ практических занятий</b>	<b>Формируемые компетенции</b>	<b>Вид контрольного мероприятия</b>	<b>Кол-во часов/ из них практическая подготовка</b>
1.	<b>Раздел 1. Математическое моделирование в теплоэнергетике.</b>				
	Тема 1. Математическая	Лекция № 1. Роль математических методов в решении	ПКос-1 (ПКос-1.1)		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
	ское моделирование в теплоэнергетике.	инженерных задач. Понятие математической модели. Классификация математических моделей. Этапы разработки математической модели. Алгоритмизация технических расчетов.			
		Практическая работа № 1. Теория размерностей и критерии подобия в моделировании теплоэнергетических объектов.	ПКос-1 (ПКос-1.2)	Защита практической работы	2
2.	<b>Раздел 2. Принципы построения математических моделей теплоэнергетического оборудования, оптимизация параметров работы и конструкции элементов.</b>				
	Тема 2. Принципы построения математических моделей теплоэнергетического оборудования, оптимизация параметров работы и конструкции элементов.	Лекция № 2. Особенности моделирования теплоэнергетических процессов и объектов. Использование численных методов в тепловых расчетах теплоэнергетических установок. Численные методы решения задач одномерной оптимизации.	ПКос-1 (ПКос-1.1)		2
		Практическая работа № 2. Моделирование работы рекуперативных теплообменных аппаратов без изменения агрегатного состояния теплоносителей. Математическая модель и оптимизация работы теплообменника типа «труба в трубе» (с использованием Mathcad, Excel и др.).	ПКос-1 (ПКос-1.2)	Защита практической работы	2
		Лекция № 3. Обобщенная математическая модель теплообменных устройств и аппаратов.	ПКос-1 (ПКос-1.1)		2
		Практическая работа № 3. Моделирование работы рекуперативных теплообменных аппаратов при наличии фазовых переходов (с использованием Mathcad, Excel и др.).	ПКос-1 (ПКос-1.2)	Защита практической работы	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
		Практическая работа № 4. «Математическая модель и алгоритм расчета котла-утилизатора».	ПКос-1 (ПКос-1.2)	Защита практической работы	2
		Практическая работа № 5. Определение оптимального удельного падения давления в сети (с использованием Mathcad, Excel и др.).	ПКос-1 (ПКос-1.2)	Защита практической работы	2
3.	<b>Раздел 3. Моделирование и исследование работы оборудования и тепловых схем ТЭС.</b>				
	Тема 3. Моделирование и исследование работы оборудования и тепловых схем ТЭС.	Лекция № 4. Показатели эффективности ТЭЦ, оптимизация расчетного коэффициента теплофикации. Расчет показателей турбин по энергетическим характеристикам.	ПКос-1 (ПКос-1.1)		2
		Практическая работа № 6. Аналитическое определение сезонного отпуска теплоты технологическим сантехническим потребителям.	ПКос-1 (ПКос-1.2)	Защита практической работы	2
		Практическая работа № 7. Выбор профиля турбинного оборудования ТЭЦ.	ПКос-1 (ПКос-1.2)	Защита практической работы	2
		Практическая работа № 8. Распределение электрических нагрузок на КЭС (с использованием Mathcad, Excel и др.).	ПКос-1 (ПКос-1.2)	Защита практической работы	2
		Практическая работа № 9. Распределение тепловых и электрических нагрузок на ТЭЦ.	ПКос-1 (ПКос-1.2)	Защита практической работы	2
4.	<b>Раздел 4. Методы моделирования на основе графоаналитического представления объектов исследования.</b>				
	Тема 4. Методы моделирования на основе графоаналитического представления объектов исследо-	Лекция № 5. Элементы теории графов: основные понятия и определения. Алгоритмы анализа граф-схем, принцип декомпозиции сложных систем на основе графоаналитического подхода.	ПКос-1 (ПКос-1.1)		2
		Практическая работа № 10. Элементы теории графов, виды графов, матричное представление графов.	ПКос-1 (ПКос-1.2)	Защита практической работы	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
	вания.	Практическая работа № 11. Алгоритмы анализа граф-схем.	ПКос-1 (ПКос-1.2)	Защита практической работы	2
		Практическая работа № 12. Принцип декомпозиции сложных систем на основе графоаналитического подхода.	ПКос-1 (ПКос-1.2)	Защита практической работы	2
		Лекция № 6. Структурный анализ модели энергоблока с паровым котлом и его систем регулирования.	ПКос-1 (ПКос-1.1)		2
		Практическая работа № 13. Структурный анализ модели энерго-блока с паровым котлом и его систем регулирования.	ПКос-1 (ПКос-1.2)	Защита практической работы	2
		Лекция № 7. Модели потоко-распределения, методы решения задач потоко-распределения в гидравлических сетях (с использованием Mathcad, Excel и др.)	ПКос-1 (ПКос-1.1)		2
		Практическая работа № 14. Законы Кирхгофа для гидравлических сетей, принцип декомпозиции при расчете гидравлических цепей.	ПКос-1 (ПКос-1.2)	Защита практической работы	2
		Практическая работа № 15. Методы решения задач потоко-распределения в гидравлических сетях (с использованием Mathcad, Excel и др.).	ПКос-1 (ПКос-1.2)	Защита практической работы	4

Таблица 5

**Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины**

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 1. Математическое моделирование в теплоэнергетике.</b>		
1.	Тема 1. Математическое моделирование в теплоэнергетике.	Цели построения модели. Виды моделирования. Свойства моделей ((ПКос-1 (ПКос-1.1, ПКос-1.2)).
		Этапы построения и применения математических моделей (ПКос-1 (ПКос-1.1, ПКос-1.2)).
<b>Раздел 2. Принципы построения математических моделей теплоэнергетического оборудования, оптимизация параметров работы и конструкции элементов.</b>		
2.	Тема 2. Принципы построения матема-	Математическое моделирование теплового состояния лопаток турбомашин. Расчет граничных условий на основе уравнений

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	тических моделей теплоэнергетического оборудования, оптимизация параметров работы и конструкции элементов.	подобия (ПКос-1 (ПКос-1.1, ПКос-1.2)).
<b>Раздел 3. Моделирование и исследование работы оборудования и тепловых схем ТЭС.</b>		
3.	Тема 3. Моделирование и исследование работы оборудования и тепловых схем ТЭС.	Пути совершенствования тепловых схем и режимов работы паротурбинных ТЭС на основе численного моделирования (ПКос-1 (ПКос-1.1, ПКос-1.2)).
<b>Раздел 4. Методы моделирования на основе графоаналитического представления объектов исследования.</b>		
4.	Тема 4. Методы моделирования на основе графоаналитического представления объектов исследования.	Достоинства и недостатки графоаналитических методов моделирования, особенности их применения (ПКос-1 (ПКос-1.1, ПКос-1.2)).

## 5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Моделирование в теплоэнергетике» в совокупности с традиционной (объяснительно-иллюстративной) технологией обучения используются инновационные технологии.

Согласно учебному плану и графику учебного процесса для организации процесса освоения студентами дисциплины используются следующие формы теоретического и практического обучения:

- *основные формы теоретического обучения:* лекции, консультации, зачет.
- *основные формы практического обучения:* практические работы.
- *дополнительные формы организации обучения:* расчетно-графическая работа.
- *информационные:* иллюстрация слайд-презентаций, самостоятельная работа студентов с электронными образовательными ресурсами при подготовке к лекциями и практическим работам;
- *активного обучения:* консультации по сложным, непонятным вопросам; опережающая самостоятельная работа студентов по изучению нового материала до его изучения в ходе аудиторных занятий; работа в команде при выполнении практических работ;
- *интерактивное обучение:* посещение специализированных выставок (экскурсии).

В процессе реализации форм обучения предполагается применение различных методов и средства обучения, соответствующих традиционной и инновационным технологиям.

Таблица 6

### Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1.	Тема 1. Математическое моделирование в	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
	теплоэнергетике.	ПЗ	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении практических работ. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов. Работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами
2.	Тема 2. Принципы построения математических моделей теплоэнергетического оборудования, оптимизация параметров работы и конструкции элементов.	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция
		ПЗ	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении практических работ. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов. Работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами
3.	Тема 3. Моделирование и исследование работы оборудования и тепловых схем ТЭС.	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция
		ПЗ	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении практических работ. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов. Работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами
4.	Тема 4. Методы моделирования на основе графоаналитического представления объектов исследования.	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция
		ПЗ	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении практических работ. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов. Работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами

## 6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

### 6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

При изучении дисциплины «Моделирование в теплоэнергетике» учебным планом предусмотрено выполнение расчетно-графической работы.

Пример задания на выполнение расчетно-графической работы.

1. Вычертить тепловую схему тепловой установки с обозначением римскими цифрами отдельные элементы теплового энергетического оборудования.

2. Составить легенду тепловой схемы установки.

3. Описать работу установки.

4. Построить ориентированный граф тепловой схемы установки.

5. Составить матрицу соединений вершин графа и матрицу видов связей по энергоносителям.

Практические занятия (ПЗ) направлены на практическое закрепление теоретического материала дисциплины, в результате чего студент должен знать основные методы и технологии очистки воды, а также используемое при этом оборудование.

В курсе «Моделирование в теплоэнергетике» предполагается проведение 15 практического занятия. Отчет по работе представляется в соответствии с заданием в виде теорети-

ческих вопросов, необходимых расчетов, графическим материалом (при необходимости), выводами по работе. Защита отчета в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

*Пример перечня вопросов при защите практической работы № 1.*

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.

*Вопросы для подготовки к зачету с оценкой по дисциплине*

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 Кирхгоффа 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.
25. Расчет теплового баланса теплообменного аппарата.
26. Расчет процессов теплоотдачи при вынужденной конвекции.
27. Расчет процессов теплоотдачи при свободной конвекции.
28. Тепловой конструктивный расчет теплообменного аппарата без изменения агрегатного состояния теплоносителей.
29. Тепловой конструктивный расчет теплообменного аппарата при наличии фазовых переходов теплоносителей.
30. Тепловой конструктивный расчет теплообменного аппарата типа «труба в трубе».
31. Расчет теплового баланса для пароперегревателя КУ.
32. Расчет теплового баланса для испарителя КУ.
33. Расчет теплового баланса для экономайзера КУ.
34. Расчет поверхности нагрева КУ.
35. Расчет требуемого напора тепловой сети.

36. Расчет сетевого теплообменника для систем теплоснабжения.
37. Расчет теплотребления различными группами теплотребителей.
38. Расчет показателей турбин по энергетическим характеристикам.
39. Выбор профиля турбинного оборудования ТЭЦ.
40. Анализ схемы на наличие контуров «методом прадерева с корнем»
41. Анализ схемы на наличие контуров на основе матрицы изоморфности.
42. Структурный анализ технологической схемы.
43. Построение модели потокораспределения гидравлической сети.
44. Гидравлический расчет закольцованных сетей.

## 6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Расчетно-графическая работа. Студенты самостоятельно выполняют РГР и представляют ее в рукописном или печатном виде на листах формата А4. РГР не может быть принята и подлежит доработке в случае: отсутствия необходимого графического материала или отсутствие в графическом материале необходимых обозначений (силы, давления, расстояния, площади и т.д.), используемых в расчете; некорректной обработки результатов расчетов. Выполнение РГР является обязательным элементом, влияющим на допуск, к сдаче зачета с оценкой по дисциплине.

### Критерии оценивания РГР

Таблица 7

Оценка	Критерии оценивания
«зачет»	студент самостоятельно и в полном объеме выполнил РГР, логично, последовательно и аргументировано изложил решение поставленной задачи.
«незачет»	студент не в полном объеме выполнил РГР.

При получении неудовлетворительной оценки по РГР, она подлежит исправлению и повторной сдаче.

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине применяется традиционной системы контроля и оценки успеваемости студентов – зачет с оценкой.

### Критерии оценивания результатов обучения

Таблица 8

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.</b>
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).</b>
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые

	практические навыки не сформированы. <b>Компетенции</b> , закреплённые за дисциплиной, <b>сформированы на уровне – достаточный.</b>
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. <b>Компетенции</b> , закреплённые за дисциплиной, <b>не сформированы.</b>

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Золотоносов Я.Д., Багоутдинов А.Г., Золотоносов А.Я. Трубчатые теплообменники. Моделирование, расчет: Монография. – СПб.: Издательство «Лань», 2018. – 272 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/112678> (дата обращения: 10.01.2023).
2. Палиивец М.С. Методы моделирования в водопользовании: учебное пособие / М. С. Палиивец; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева. – Электрон. текстовые дан. – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016 — 84 с.:
3. Тетиор А.Н. Методология научных исследований: учебное пособие / А. Н. Тетиор; Московский государственный университет природообустройства. – Электрон. текстовые дан. – М.: МГУП, 2012 . – 243 с.:
4. Карпузов В.В. Управление процессами: учебное пособие / В. В. Карпузов; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). – Электрон. текстовые дан. – М.: Реарт, 2017. – 162 с.
5. Рудобашта С.П. Процессы и аппараты по переработке сельскохозяйственной продукции: экстрагирование и кристаллизация: методические указания / С. П. Рудобашта; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). – Электрон. текстовые дан. – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016 – 43 с.

### 7.2 Дополнительная литература

1. Пчелкин, Виктор Владимирович. Основы научной деятельности: учебное пособие /В. В. Пчелкин, Т. И. Сурикова, К. С. Семенова; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). – Электрон. текстовые дан. – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018. – 138 с.
2. Леонов, Олег Альбертович. Техническое регулирование: учебное пособие / О. А. Леонов; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). – Электрон. текстовые дан. – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018. 174 с. <http://elib.timacad.ru/dl/local/umo240.pdf/picture?size=0>
3. Карпузова, Вера Ивановна. Проектирование информационных систем: учебное пособие / В. И. Карпузова, Н. В. Карпузова, К. В. Чернышева; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). – Электрон. текстовые дан.– М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2019. – 147 с. <http://elib.timacad.ru/dl/local/umo390.pdf/picture?size=0>
4. Дунченко, Нина Ивановна. Планирование и выполнение экспериментальных исследований: учебное пособие / Н. И. Дунченко, С. В. Купцова, О. Б. Федотова; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). – Электрон. текстовые дан. – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018. – 152 с. <http://elib.timacad.ru/dl/local/umo233.pdf/picture?size=0>
5. Мхитарян, Марина Георгиевна. Теплогазоснабжение и вентиляция: учебное пособие / М. Г. Мхитарян, Э. Е. Назаркин; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва), Институт мелиорации, водного хозяйства и строи-

тельства имени А. Н. Костякова, Кафедра сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения. – Электрон. текстовые дан. – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2019. – 131 с. <http://elib.timacad.ru/dl/local/umo431.pdf?picture?size=0>

### 7.3 Нормативные правовые акты

Не предусмотрены.

### 7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

1. Трухний А.Д. Парогазовые установки электростанций. – М.: Изд-во МЭИ, 2013. – 648 с. <http://www.nelbook.ru/?book=212>
2. Аверченков В. И. , Федоров В. П. , Хейфец М. Л. Основы математического моделирования технических систем: учебное пособие. – М.: ФЛИНТА, 2016. – 271 с. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93344>
3. Долгов А. И. Алгоритмизация прикладных задач: учебное пособие. – М.: ФЛИНТА, 2011. – 136 с. <http://biblioclub.ru/index.php?page=author&id=19604>
4. Лесин В. В., Лисовец Ю. П. Основы методов оптимизации. – М.: Издательство ЛАНЬ, 201. – 1352 с. <http://biblioclub.ru/index.php?page=author&id=19604>

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

1. <http://www.fips.ru>
2. <http://www.ii.spb.ru>
3. <http://www.altshuller.ru>
4. <http://www.trizminsk.org/index0.htm>
5. [http://www.mospatent.ru/ru/zn\\_pr/htm/ru/ru\\_pat\\_p.htm](http://www.mospatent.ru/ru/zn_pr/htm/ru/ru_pat_p.htm)
6. <http://www.natm.ru/triz>

### 9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 9

#### Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1	Раздел 1. Математическое моделирование в теплоэнергетике.	Microsoft Office 365	Офисный пакет	Microsoft	2021
2	Раздел 2. Принципы построения математических моделей теплоэнергетического оборудования, оптимизация параметров работы и конструкции элементов.	Microsoft Office 365	Офисный пакет	Microsoft	2021
3	Раздел 3. Моделирова-	Microsoft Office 365	Офисный па-	Microsoft	2021

	ние и исследование работы оборудования и тепловых схем ТЭС.		кет		
4	<b>Раздел 4.</b> Методы моделирования на основе графоаналитического представления объектов исследования.	Microsoft Office 365	Офисный пакет	Microsoft	2021

## 10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Таблица 10

### Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
24 корпус, 306 аудитория	Компьютерный класс
24 корпус, 201 лаборатория	1. Доска аудиторная 3-х элементная (Инв.№ 210136000003573) 2. Экран Projecta SlimScreen 200*200 cv Matte White S настенный (Инв.№ 568938) 3. Компьютер "Абакус" (Инв.№ 410134000001484) 4. Слайд-проектор .
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, включающая 9 читальных залов (в том числе 5 компьютеризированных), организованных по принципу открытого доступа и оснащенных WI-FI, Интернет-доступом.	
Общежитие № 4, № 5 и № 11, комната для самоподготовки.	

## 11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

Содержание материала и график изучения дисциплины приведены в рабочей учебной программе, для успешного выполнения которой студентам рекомендуется пользоваться учебниками и учебно-методическими пособиями из библиотечного фонда университета, а также методическими пособиями по выполнению практических работ, хранящимися на кафедре.

Студентам необходимо:

- внимательно ознакомиться с содержанием тематического плана дисциплины, приводимом в нём списком рекомендуемой литературы, приобрести в библиотеке университета требующиеся учебники и учебные пособия;

- получить консультацию у преподавателей кафедры, ведущих дисциплину «Моделирование в теплоэнергетике», по всем возникающим учебно-методическим вопросам;
- используя методические пособия, строго по темам дисциплины приступить к изучению рекомендуемой литературы;
- прорабатывать каждую тему сразу после её изложения на лекции;
- перед выполнением практических работ ознакомиться с методическими указаниями по их выполнению;
- для допуска к зачету с оценкой студенту необходимо выполнить и успешно сдать все отчеты по практическим занятиям и реферат;

В конспекте лекций следует избегать подробной записи. Конспект не должен превращаться в единственный источник информации, он должен подводить студента к самостоятельному обдумыванию материала, к работе с учебной литературой. Независимо от того, есть учебник или нет, лекции записывать необходимо.

*Правила ведения записей и оформление конспекта:*

- начинать с даты занятий, названия темы, целей и плана лекции, рекомендованной литературы;
- вести конспект опрятно, содержательно, четко, разборчиво, грамотно;
- научиться выделять и записывать основные научные положения и факты, формулы и правила, выводы и обобщения; не перегружать записи отдельными фактами;
- выделять разделы и подразделы, темы и подтемы;
- применять доступные пониманию сокращения слов и фраз;
- записывать рекомендованную литературу;
- желательно выделять цветом названия темы, основные положения, выводы; записи вести на страницах с большими полями.

Последующая работа над лекцией заключается в повторении ее содержания по конспекту (а еще лучше с привлечением дополнительных источников информации) вскоре после ее прослушивания, т.к. забывание материала, воспринятого любым способом, идет особенно интенсивно сразу же после восприятия.

*Работа над конспектом лекции осуществляется по этапам:*

- повторить изученный материал по конспекту;
- непонятные положения отметить на полях и уточнить;
- неоконченные фразы, пропущенные слова и другие недочеты в записях устранить, пользуясь материалами из учебника и других источников;
- завершить техническое оформление конспекта (подчеркивания, выделение главного, выделение разделов, подразделов и т.п.).

При подготовке к практическому занятию студент должен изучить рекомендованный к данной теме материал по учебнику и практикуму, подготовить отчет, который должен содержать наименование работы, цель работы, схемы (при необходимости), расчетные формулы, таблицы для записи полученных результатов (при необходимости). На практических занятиях студент обязан обдуманно выполнять задания, анализировать полученные результаты.

Окончательно оформленные отчеты по практическим работам защищаются студентами в индивидуальном порядке в часы консультаций преподавателя, в день выполнения работы или ближайшее время.

## **Виды и формы отработки пропущенных занятий**

Студент, пропустивший лекции, обязан самостоятельно проработать пропущенную тему и отчитаться перед преподавателем. Пропущенные практические работы должны быть выполнены студентом самостоятельно и представлены преподавателю.

## 12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине

*Лекции* являются одним из важнейших видов учебных занятий. Они должны дать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, концентрировать внимание студентов на наиболее сложных и узловых вопросах.

Объем читаемых лекций определяется графиком плана. Каждая лекция должна делиться на три части: введение, основная часть (учебные вопросы) и заключение.

Лекции должны иметь логическую связь с ранее изученным материалом и быть ориентированы на последующее применение излагаемого материала.

Для этой цели во введении к лекции преподаватель формулирует тему, учебные вопросы, отражающие содержание лекции и четко определяет цель данной лекции. Начиная изложение рассматриваемого материала, преподаватель устанавливает логическую связь данной лекции с предыдущим материалом и изучаемыми ранее дисциплинами. Введение должно занимать не более 10 минут, но должно полностью подготовить студента к восприятию излагаемого далее основного содержания.

Планируемый к изложению в лекциях материал должен отражать только основное содержание изучаемого вопроса, сочетаясь с примерами и, при необходимости, иллюстрируясь техническими средствами обучения. При этом не следует, по возможности, включать в лекцию громоздкие выводы, пояснения и тому подобный материал, однако в таких случаях необходимо обязательно указывать разделы рекомендуемой литературы, где можно получить убедительные ответы на возникшие вопросы. Кроме этого, в лекции обращается внимание студентов на вопросы изучаемого материала, которые он должен изучить самостоятельно по указанной в методических указаниях по данной дисциплине литературе.

В заключительной части лекций преподаватель должен подвести итог и сформулировать общие выводы, вытекающие из содержания основной части лекции, и еще раз обратить внимание на тот объем материала, который подлежит самостоятельному изучению.

*Практические занятия* проводятся с целью закрепления теоретического материала, изложенного на лекциях, а также для развития у студентов навыков практического решения единичных учебно-инженерных задач.

Практические занятия рекомендуется делить на три части: вводную, основную и заключительную.

Во вводной части преподаватель должен назвать тему занятия, определить ее цель и сформулировать вопросы, отражающие содержание занятия. Преподаватель должен указать взаимосвязь практического занятия с предыдущими занятиями по данной дисциплине, при необходимости пояснить инженерную направленность темы и ее связь с другими дисциплинами.

Основная часть практического занятия должна быть посвящена закреплению теоретических положений, изложенных в лекциях, путем решения практических задач. Преподаватель должен разобрать со студентами методику решения типовых примеров, указав при этом, какие материалы теоретического курса используются при этом.

Часть времени преподаватель должен отвести для объяснения студентам содержания, этапов решения заданий при выполнении самостоятельной работы.

В заключительной части практического занятия преподаватель должен сформулировать краткие выводы по содержанию вопросов, рассмотренных на занятии, обратив внимание студентов на тот объем материала, который рекомендуется для самостоятельного изучения. Подробно остановиться на литературе, рекомендованной для самостоятельной работы.

Программу разработал:

Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент



**РЕЦЕНЗИЯ**  
**на рабочую программу дисциплины**  
**Б1.В.03.04 «Моделирование в теплоэнергетике»**  
**ОПОП ВО по направлению 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника**  
**направленность «Энергообеспечение предприятий»**  
**(квалификация выпускника – магистр)**

Андреевым Сергеем Андреевичем, к.т.н., доцентом кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина Института механики и энергетики им. В.П. Горячкина РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, к.т.н., доцентом (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Моделирование в теплоэнергетике» ОПОП ВО по направлению 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника (квалификация выпускника – магистр), разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий» (разработчик – Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Моделирование в теплоэнергетике» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника. Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе **актуальность** учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к дисциплинам включенным в формируемую участниками образовательных отношений часть учебного плана.

3. Представленные в Программе **цели** дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника.

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Моделирование в теплоэнергетике» закреплена следующая компетенция (индикаторы достижения компетенции): ПКос-1 (ПКос-1.1, ПКос-1.2). Дисциплина «Моделирование в теплоэнергетике» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях.

5. **Результаты обучения**, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

6. Общая трудоёмкость дисциплины «Моделирование в теплоэнергетике» составляет 2 зачётные единицы (72 часа).

7. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Моделирование в теплоэнергетике» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника и возможность дублирования в содержании отсутствует.

8. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

9. Программа дисциплины «Моделирование в теплоэнергетике» предполагает 8 занятий в интерактивной форме.

10. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника.

11. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме зачета с оценкой, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины формируемой участниками образовательных отношений части учебного цикла Б1.В.ДВ.

Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 5 источника, дополнительной литературой – 5 наименования. Интернет-ресурсы – 6 источников и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Моделирование в теплоэнергетике» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Моделирование в теплоэнергетике».

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Моделирование в теплоэнергетике» ОПОП ВО по направлению 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника, направленность «Энергообеспечение предприятий» (квалификация выпускника – магистр), Кожевниковой Н.Г., к.т.н., доцентом соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Андреев С.А., доцент кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина,  
кандидат технических наук

« 14 » 12 2022 г.