



УТВЕРЖДАЮ

Директор ВШТЭ

П.В.Луканин

2018 года

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.Б.04**

(индекс дисциплины)

Математическое моделирование теплоэнергетических систем

(Наименование дисциплины)

Кафедра

**21**

Код

Теплосиловых установок и тепловых двигателей

(Наименование кафедры)

Направление подготовки:

13.04.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Профиль подготовки:

Технология производства электрической и тепловой энергии

Уровень образования:

Магистратура

### План учебного процесса

Составляющие учебного плана		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	72		72
	Аудиторные занятия	28		8
	Лекции	14		4
	Лабораторные занятия	0		0
	Практические занятия	14		4
	Самостоятельная работа	8		55
	Промежуточная аттестация	36		9
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен	1		2
	Зачёт			
	Контрольная работа			2
	Курсовой проект (работа)			
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)		2		2
Семестр		1		2

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования

по направлению подготовки 13.04.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

На основании учебных планов № m130401-1, zm 130401

Кафедра-разработчик: Теплосиловых установок и тепловых двигателей

(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой:



Коновалов П.Н.

(Ф.И.О. заведующего, подпись)

СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Теплосиловых установок и тепловых двигателей

(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой:



Коновалов П.Н.

(Ф.И.О. заведующего, подпись)

Методический отдел:



Смирнова В.Г.

(Ф.И.О. сотрудника отдела, подпись)

# 1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая  Обязательная  Дополнительно является факультативом   
 Вариативная  По выбору

## 1.2. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области теплоэнергетики и теплотехники, связанной с освоением методов математического моделирования показателей качества оборудования и систем теплоэнергетики при проектировании и эксплуатации, современными математическими алгоритмами расчета показателей качества систем теплоэнергетики, тенденциями развития методов математического моделирования.

## 1.3. Задачи дисциплины

- Рассмотреть мероприятия по обеспечению показателей надежности систем теплоэнергетики при эксплуатации.
- Усвоить основные направления разработки проектных решений по обеспечению надежности систем теплоэнергетики.
- Изучить математические алгоритмы и прикладное программное обеспечение для обеспечения, контроля и прогнозирования надежности систем теплоэнергетики при проектировании и эксплуатации.
- Привить способности к самостоятельному приобретению и использованию в практической деятельности новые знания и умения.

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

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ОПК-1	способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки.	1
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) основы математического моделирования процессов эксплуатации, показателей качества систем и объектов теплоэнергетики при проектировании; 2) основные особенности математического моделирования объектов теплоэнергетики при эксплуатации. Уметь: 1) использовать методы математического моделирования систем и объектов теплоснабжения для оценки надежности; 2) формулировать задания на разработку математических моделей по оценке показателей качества объектов и систем теплоснабжения при эксплуатации. Владеть: 1) навыками математического моделирования с использованием программного обеспечения при проектировании и прогнозировании показателей качества объектов и систем теплоснабжения.		
ОПК-2	способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы.	1
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) основы методологии разработки математических моделей процессов эксплуатации, показателей качества систем и объектов теплоэнергетики при проектировании; 2) способы получения количественных характеристик показателей качества объектов теплоэнергетики с помощью математических моделей. Уметь: 1) разрабатывать математические модели для сложных технических систем объектов теплоэнергетики;		

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
	2) использовать методы математического моделирования систем и объектов теплоснабжения для оценки показателей качества; 3) анализировать полученные результаты в ходе математического моделирования по оценке показателей качества объектов и систем теплоснабжения при эксплуатации. Владеть: 1) навыками математического моделирования с использованием программного обеспечения при проектировании и прогнозировании показателей качества объектов и систем теплоснабжения.	

### 1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

Дисциплина базируется на компетенциях, сформированных на предыдущем уровне образования.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
<b>Учебный модуль 1. Теория математического моделирования объектов и систем теплоэнергетики.</b>			
Тема 1. Классификация, основные понятия математических моделей. Основные определения, классификация, требования к качеству математических моделей. Принципы разработки математических моделей. Линейные и нелинейные, однофакторные и многофакторные математические модели. Оценка математических моделей на адекватность.	8		14
Тема 2. Использование структурных схем объектов и систем теплоэнергетики при моделировании. Общие понятия о структурных схемах. Структурные схемы теплоэнергетических систем, тепловых электростанций, ТЭЦ, систем водоснабжения, газоснабжения. Горячее и холодное резервирование. Особенности моделирования показателей надежности объектов теплоэнергетики при проектировании.	10		16
<b>Текущий контроль 1.</b> опрос	2		-
<b>Учебный модуль 2. Математическое моделирование и оптимизация объектов и систем теплоэнергетики.</b>			
Тема 3. Методы математического моделирования при оценке качества и оптимизации систем теплоснабжения. Статистические математические модели. Критерии оптимизации систем теплоэнергоснабжения при математическом моделировании. Требования к динамическим математическим моделям и моделям систем, работающих на переменных режимах. Этапы математического моделирования.	8		14
Тема 4. Применение методов математического моделирования для оценки и прогнозирования показателей качества объектов промышленной энергетики. Моделирование показателей качества объектов теплоэнергетики. Оценка энергетических, эксплуатационных и экономических показателей котельных. Оценка остаточного ресурса. Методы оценки остаточного ресурса систем теплоснабжения при моделировании.	6		14
<b>Текущий контроль 2.</b> опрос	2		-
<b>Текущий контроль 2.</b> контрольная работа	-		5
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине</b> экзамен	<b>36</b>		<b>9</b>
<b>ВСЕГО:</b>	<b>72</b>		<b>72</b>

## 3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

### 3.1. Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	1	2			2	1
2	1	4			2	1

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
3	1	4			2	1
4	1	4			2	1
<b>ВСЕГО:</b>		<b>14</b>				<b>4</b>

### 3.2. Практические занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	Разработка математической модели и проверка модели на адекватность	1	2			2	1
2	Моделирование и расчет показателей безотказности для сложной технической системы теплоэнергетики	1	4			2	1
3	Разработка требований к моделированию показателей качества объекта промышленной теплоэнергетики	1	4			2	1
4	Оценка показателей качества моделируемого объекта теплоэнергетики	1	4			2	1
<b>ВСЕГО:</b>		<b>14</b>				<b>4</b>	

### 3.3. Лабораторные занятия

Не предусмотрено.

## 4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не предусмотрено.

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1,2	Опрос	1	2			2	-
1.2	Контрольная работа	1	-			2	1

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	1	4			2	24
Подготовка к практическим занятиям	1	4			2	26
Выполнение контрольной работы					2	5
Подготовка к экзамену	1	36			2	9
<b>ВСЕГО:</b>		<b>44</b>				<b>64</b>

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Не предусмотрено.

### 7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная

балльно-рейтинговая

## 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Учебная литература

#### а) основная учебная литература

1. Новые методы математического моделирования динамики и управления формированием компетенций в процессе обучения в вузе [Электронный ресурс]/ А.А. Большаков [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Горячая линия - Телеком, 2014.— 250 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/25082>.— ЭБС «IPRbooks».

#### б) дополнительная учебная литература

1. Кудинов И.В. Теоретические основы теплотехники. Часть II. Математическое моделирование процессов теплопроводности в многослойных ограждающих конструкциях [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кудинов И.В.- Электрон. текстовые данные.- Самара; Самарский государственный архитектурно- строительный университет, ЭБС, АСВ. 2013- 422.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22627>.— ЭБС «IPRbooks».

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

Не предусмотрено.

### 8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. Издательский дом МЭИ [Электронный ресурс] URL: [publish@mpei.ru](mailto:publish@mpei.ru), [publish@mpei-publishers.ru](http://publish.mpei-publishers.ru).
2. Электронная библиотека ВШТЭ [Электронный ресурс] URL: [http://nizrp.narod.ru/ebmu\\_m.htm](http://nizrp.narod.ru/ebmu_m.htm).
3. Электронная библиотека «IPRbooks» [Электронный ресурс] URL: <http://www.iprbookshop.ru>.

### 8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Microsoft Windows 8.1.
2. Microsoft Office Professional 2013.

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

1. Лекционная аудитория с мультимедийным учебным комплексом.
2. Компьютерный класс.
3. Кабинет макетов ТЭЦ, АЭС, ПТУ, ГПС.
4. Учебная лаборатория тепловых двигателей.
5. Макеты элементов турбин и компрессоров.
6. Натурные образцы элементов проточных частей турбин.

### 8.6. Иные сведения и (или) материалы

1. Демонстрационные, раздаточные материалы.
2. Каталоги энергетического оборудования.
3. Комплект плакатов.
4. Наборы слайдов на электронном носителе.

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекция	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы и формулировки; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий: осуществлять с помощью энциклопедий,

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
	словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Работа с теоретическим материалом: найти ответ на вопросы в рекомендуемой литературе, если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или на практическом занятии и др.
Практические занятия	Работа с конспектом лекций, просмотр рекомендуемой литературы. Анализ заданий на расчетные практические работы, решение задач по алгоритмам указанных работ, анализ полученных результатов, формулировка выводов и др.
Самостоятельная работа	Расширение и закрепление знаний, умений и навыков, усвоенных на аудиторных занятиях путем самостоятельной проработки учебно-методических материалов по дисциплине и другим источникам информации; выполнения практических работ; а также подготовки к опросу и экзамену. Самостоятельная работа выполняется индивидуально, а также может проводиться под руководством (при участии) преподавателя. При подготовке к опросам и экзамену необходимо проработать конспекты лекций, рекомендуемую литературу, каталоги энергетического оборудования, составить алгоритмы ответов на экзаменационные вопросы, продумать ответы на возможные вопросы преподавателя.

## 10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ОПК-1 (1)	1. Показывает знание основ методологии разработки математических моделей процессов эксплуатации, показателей качества систем и объектов теплоэнергетики при проектировании. 2. Способен разрабатывать математические модели для сложных технических систем объектов теплоэнергетики. 3. Демонстрирует навыки анализа полученных результатов в ходе математического моделирования по оценке показателей качества объектов и систем теплоснабжения при эксплуатации.	1. Устное собеседование 2. Типовое практическое задание	1. Перечень вопросов к экзамену (22 вопроса) 2. Перечень практических заданий (10 задач)
ОПК-2 (1)	1. Показывает знание способов получения количественных характеристик показателей качества объектов теплоэнергетики с помощью математических моделей. 2. использует методы математического моделирования систем и объектов теплоснабжения для оценки показателей качества. 3. Демонстрирует навыки математического моделирования с использованием программного обеспечения при проектировании и прогнозировании показателей качества	1. Устное собеседование 2. Типовое практическое задание	1. Перечень вопросов к экзамену (22 вопроса) 2. Перечень практических заданий (10 задач)

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
	объектов и систем теплоснабжения.		

### 10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

#### Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Практическое задание
отлично	Обучающийся показывает всестороннее, систематическое и глубокое знание основного и дополнительного учебного материала, умеет свободно выполнять задания, предусмотренные программой; усвоил основную и знаком с дополнительной рекомендованной литературой; может объяснить взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для последующей профессиональной деятельности; проявляет творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала.	Обучающийся демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения. Умеет применять математический аппарат для реализации плана решения задачи и, если это необходимо. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.
хорошо	Обучающийся показывает достаточный уровень знаний в пределах основного учебного материала, без существенных ошибок выполняет предусмотренные в программе задания; усвоил основную литературу, рекомендованную в программе; способен объяснить взаимосвязь основных понятий дисциплины при дополнительных вопросах преподавателя. Допускает не существенные погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, устраняет их без помощи преподавателя.	Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения. Допускает незначительные погрешности при применении математического аппарата для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.
удовлетворительно	Обучающийся показывает знания основного учебного материала в минимальном объеме, необходимом для дальнейшей учебы; справляется с выполнением заданий, предусмотренных программой, допуская при этом большое количество не принципиальных ошибок; знаком с основной литературой, рекомендованной программой. Допускает существенные погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения. Допускает незначительные погрешности при применении математического аппарата для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ, но испытывает затруднения с его интерпретацией.
неудовлетворительно	Обучающийся обнаруживает пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в	Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере с помощью математического аппарата



	выполнении предусмотренных программой заданий, не знаком с рекомендованной литературой, не может исправить допущенные ошибки.	реализовать ее решение.
--	---	-------------------------

## 10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

### 10.2.1. Перечень вопросов, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Цели и назначение математического моделирования в теплоэнергетике.	1
2	Классификация математических моделей. Основные определения.	1
3	Требования к математическим моделям.	1
4	Однофакторные и многофакторные математические модели. Проверка математических моделей на адекватность.	2
5	Методы оценки показателей безотказности энергетических объектов с помощью математических моделей.	2
6	Математическое моделирование теплоэнергетических систем с помощью структурных схем.	2
7	Статические и динамические математические модели. Критерии оптимизации математических моделей.	2
8	Этапы математического моделирования объектов энергетики.	2
9	Структурная схема ТЭС.	3
10	Математическое моделирование теплоэнергетических систем с помощью марковских систем	3
11	Структурная схема ТЭЦ.	3
12	Математическое моделирование теплоэнергетических систем с помощью структурных схем. Структурная схема сложных теплоэнергетических систем с горячим резервированием.	3
13	Математическое моделирование теплоэнергетических систем с помощью структурных схем. Структурная схема сложных теплоэнергетических систем с холодным резервированием.	3
14	Основные особенности моделирования объектов и систем теплоэнергетики при проектировании.	4
15	Математические модели технического обслуживания объектов энергетики.	4
16	Моделирование показателей качества объектов теплоэнергетики с помощью уравнений Колмагорова.	4
17	Математическое моделирование потребного количества ЗИП для обеспечения эффективного функционирования объектов энергетики.	4
18	Математическое моделирование для оценки надежности сложных технических систем.	4
19	Марковские процессы.	4
20	Математическое моделирование энергетических показателей котельной.	4
21	Математическое моделирование экономических показателей котельной.	4
22	Математическое моделирование эксплуатационных показателей котельной.	4

### 10.2.2. Вариант типовых заданий, разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Условия типовых заданий	Ответ		
1	Сколько рассматривается элементов при математическом моделировании типичной ПГУ Разработать план математического моделирования 23.	<p>Решение</p> <table border="1"> <tr> <td><u>M.M</u></td> <td><math>Y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3</math></td> </tr> </table>	<u>M.M</u>	$Y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3$
<u>M.M</u>	$Y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3$			

		<b>План 2<sup>3</sup></b>					
		№ п/п	У	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
		1	2	1	-1	-1	1
		2	6	1	-1	1	-1
		3	4	1	1	-1	-1
		4	8	1	1	1	1
		5	10	1	-1	-1	-1
		6	18	1	-1	1	1
		7	8	1	1	-1	1
		8	12	1	1	1	-1
Ответ: 8							
2	Оценить значения вероятности безотказной работы объекта теплоэнергетики: точечное значение, с учетом значения доверительной вероятности, нижнее и верхнее значение диапазона изменения численных значений показателя. N=250; N ОТК= 50	Решение: $P(1) = 1 - 50 / 250 = 0.8$  Ответ: 2					

### 10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций

#### 10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче экзамена и порядок ликвидации академической задолженности

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

#### 10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

устная  письменная  компьютерное тестирование  иная

#### 10.3.3. Особенности проведения экзамена

- Возможность пользоваться учебной, нормативной литературой, калькулятором;
- Время на подготовку ответа на экзамене 45 минут.