



УТВЕРЖДАЮ

Директор ВШТЗ

П.В.Луканин

« 06 » 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:

Тепломассообменные процессы и установки

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 № м130401-1, zm130401

Кафедра-разработчик: Теплосиловых установок и тепловых двигателей
(наименование кафедры)


Заведующий кафедрой:  Коновалов П.Н.
(Ф.И.О. заведующего, подпись)

СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Промышленной теплоэнергетики
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой:  Смородин С.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
Планируемые результаты обучения 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
Планируемые результаты обучения 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
Учебный модуль 1. Теория математического моделирования объектов и систем теплоэнергетики.			
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.	6		15
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
Текущий контроль 1. опрос	2		
Учебный модуль 2. Математическое моделирование и оптимизация объектов и систем теплоэнергетики.			
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		16
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.	8		16
Текущий контроль 2. опрос	2		
Промежуточная аттестация по дисциплине экзамен	36		9
ВСЕГО:	72		72

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
ВСЕГО:		14				4

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
ВСЕГО:		14				4	

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				

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	28
Подготовка к практическим занятиям	1	4			2	27
Подготовка к экзамену	1	36			2	9
ВСЕГО:		44				64

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, publishers.ru.
2. Электронная библиотека ВШТЭ [Электронный ресурс] URL: 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; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий: осуществлять с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Работа с теоретическим материалом: найти ответ на вопросы в рекомендуемой

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
	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 объектов и систем теплоснабжения.	1. Устное собеседование 2. Типовое практическое задание	1. Перечень вопросов к экзамену (22 вопроса) 2. Перечень практических заданий (10 задач)

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 выполнении предусмотренных программой заданий, не знаком с рекомендованной литературой, не может исправить допущенные ошибки.	Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере с помощью математического аппарата 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 style="text-align: center;">Решение</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>M.M</i></td> <td colspan="5" style="text-align: center;">$Y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3$</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="5" style="text-align: center;">План 2³</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">№ п/п</td> <td style="text-align: center;">Y</td> <td style="text-align: center;">X₀</td> <td style="text-align: center;">X₁</td> <td style="text-align: center;">X₂</td> <td style="text-align: center;">X₃</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">-1</td> <td style="text-align: center;">-1</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">-1</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">-1</td> </tr> </table>	<i>M.M</i>	$Y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3$						План 2³					№ п/п	Y	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	1	2	1	-1	-1	1	2	6	1	-1	1	-1
<i>M.M</i>	$Y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3$																															
	План 2³																															
№ п/п	Y	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃																											
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. $N=250; N_{OTK}=50$	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.