

Направление подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»  
Профиль подготовки (магистерская программа) «Энергообеспечение предприятий. Теплообменные процессы и установки»  
Изменения и дополнения к РПД Б1.В.ВД.5 «Математические методы исследования сложных теплоэнергетических систем»



Приложение 3. Б1.В.ВД.5

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

**УТВЕРЖДАЮ**  
Зам. директора  
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»  
в г. Смоленске  
по учебно-методической работе  
**В.В. Рожков**  
2016 г.

**Изменения и дополнения к  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ  
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СЛОЖНЫХ  
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

**Направление подготовки: 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

**Профиль подготовки (магистерская программа): Энергообеспечение предприятий. Теплообменные процессы и установки.**

**Уровень высшего образования: магистратура**

**Нормативный срок обучения: 2 года**

**Форма обучения: очная**

**Шифр дисциплины по учебному плану 2016/2017 уч. года: Б1.Б.1**

**Смоленск – 2016 г.**

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части обязательных дисциплин цикла Б1 образовательной программы подготовки магистров по магистерской программе «Энергообеспечение предприятий. Тепломасообменные процессы и установки», направления «Теплоэнергетика и теплотехника».

В соответствии с учебным планом по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника» дисциплина «Математические методы исследования сложных теплоэнергетических систем» является начальной в траектории освоения компетенций ПК-2, ПК-7.

Приобретенные в результате изучения дисциплины знания, умения и навыки являются базой для изучения следующих дисциплин:

Б1.Б.2 «Математическое моделирование и алгоритмизация задач теплоэнергетики»;

Б1.В.ДВ.4.1 «Моделирование систем теплоэнергоснабжения»;

Б1.В.ОД.2 «Исследование режимов работы и оптимизация параметров трансформаторов тепла»;

Б2.Н.1 «Научно-исследовательская работа».

Знания, полученные в результате освоения данной дисциплины необходимы при написании магистерской диссертации.

## 3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

### Аудиторная работа

Цикл:	Б1	Семестр
Часть цикла:	базовая	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Б.1	
Часов (всего) по учебному плану:	144	1 семестр
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	4	1 семестр
Лекции (ЗЕТ, часов)	0,5, 18	1 семестр
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	1, 36	1 семестр
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	-	1 семестр
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	1,5, 54	1 семестр
Экзамен (ЗЕТ, часов)	1, 36	1 семестр

### Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	0,5, 18
Подготовка к практическим занятиям (пз)	0,39, 14
Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы (лаб)	-
Выполнение расчетно-графической работы (реферата)	0,61 22
Выполнение курсового проекта (работы)	-
Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	-
Подготовка к контрольным работам	-
Подготовка к тестированию	-

Всего:	1.5 , 54
Подготовка к экзамену	1, 36

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

№ п/п	Темы дисциплины	Всего часов на тему	Виды учебной занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах)				
			лк	пр	лаб	СРС	в т.ч. интеракт.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	<b>Тема 1. Исследование теплообмена с помощью линейного уравнения теплопроводности в теплоэнергетических системах.</b>	29	6	8	-	15	4
2	<b>Тема 2. Математические методы решения нелинейных стационарных задач теплопроводности для теплоэнергетических систем.</b>	34	4	12	-	18	8
3.	<b>Тема 3. Исследование двумерных систем методом конечных разностей.</b>	9	2	4	-	3	2
4	<b>Тема 4. Математические методы исследования радиационного теплообмена в теплоэнергетических системах.</b>	36	6	12	-	18	6
<b>всего 144 часа по видам учебных занятий (включая 36 часов на подготовку к экзамену)</b>			<b>18</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>54</b>	<b>20</b>

#### Содержание по видам учебных занятий

##### Тема 1. Исследование теплообмена с помощью линейного уравнения теплопроводности в теплоэнергетических системах.

**Лекция 1.** Особенности применения линейного уравнения в исследовании теплообмена теплоэнергетических систем. Характеристика уравнения, его начальные, краевые условия. Фундаментальное решение, его физический смысл (2 часа).

**Лекция 2.** Анализ аналитических методов решения уравнения теплопроводности. Условия их применения.

**Лекция 3.** Решение линейного уравнения теплопроводности методом конечных разностей. Применение явных, неявных схем. Оценка точности решений по пространственной и временной переменной (2 часа).

**Практические занятия 1.** Исследование теплообмена в скоростном конвективном высокотемпературном теплоэнергетическом реакторе на основе 4-х точечной явной схемы. (2 часа).

**Практические занятия 2.** Исследование теплообмена в скоростном конвективном высокотемпературном теплотехнологическом реакторе на основе применения 4-х точечной неявной схемы (2 часа).

**Практические занятия 3, 4.** Исследование теплообмена в скоростном конвективном высокотемпературном теплотехнологическом реакторе методом Кранка-Николсона. Анализ полученных решений (4 часа).

**Самостоятельная работа 1.** Изучение материалов лекций, подготовка к практическим занятиям. (15 часов).

**Текущий контроль** – устный опрос при проведении практических занятий.

## **Тема 2. Математические методы решения нелинейных стационарных задач теплопроводности для теплоэнергетических систем.**

**Лекция 4.** Методы численного решения нелинейного уравнения теплопроводности для случая зависимости удельной объемной теплоемкости и коэффициента теплопроводности от температуры для теплоэнергетических систем. Построение разностной схемы, получение системы уравнений (2 часа).

**Лекция 5.** Решение уравнения с учетом нелинейности граничных условий. численного решения нелинейного уравнения теплопроводности для фазовых превращений в теплоэнергетических системах (2 часа).

**Практические занятия 5, 6.** Расчет и исследование теплообмена в конце методической зоны высокотемпературного теплотехнологического реактора в случае квадратичной зависимости коэффициента теплопроводности от температуры (4 часа).

**Практические занятия 7, 8.** Расчет и исследование теплообмена в сварочной зоне высокотемпературного теплотехнологического реактора при  $\lambda = \text{const}$ ;  $c = \text{const}$  для нелинейных граничных условий III рода на поверхности. Расчет теплового потока с учетом приведенной степени черноты (4 часа).

**Практические занятия 9, 10.** Расчет и исследование теплообмена с учетом фазовых превращений при нагреве и охлаждении в теплоэнергетических системах (4 часа).

**Самостоятельная работа 2.** Изучение материалов лекций, подготовка к практическим занятиям, выполнение расчетно-графической работы (18 часов).

## **Тема 3. Исследование теплообмена в двумерных системах методом конечных разностей в теплоэнергетических системах.**

**Лекция 6.** Получение двумерного уравнения теплопроводности. Построение двумерной и разностной схемы на основе теплового баланса, закона сохранения энергии. Решение системы линейных уравнений методом расщепления (2 часа).

**Практические занятия 11, 12.** Расчет и исследования теплообмена при нагреве двумерных тел в скоростном высокотемпературном теплотехнологическом реакторе методом расщепления (4 часа).

**Самостоятельная работа 3.** Изучение материалов лекций, подготовка к практическим занятиям. Выполнение расчетно-графической работы. (3 часа).

## **Тема 4. Математические методы исследования радиационного теплообмена в теплоэнергетических системах.**

**Лекция 7.** Обзор методов исследования радиационного теплообмена для теплоэнергетических систем. Зональный метод. Получение системы интегральных уравнений. Условия взаимного перехода интегральных и алгебраических уравнений излучения (2 часа).

**Лекция 8.** Резоловентный метод. Получение уравнения резоловенты. Определение разрешающих угловых коэффициентов (2 часа).

**Лекция 9.** Резолютивно-зональный метод. Разрешающие угловые коэффициенты, местные разрешающие угловые коэффициенты. Плотность потока результирующего излучения (2 часа).

**Практические занятия 13, 14.** Расчет и исследование радиационного теплообмена зональным методом при нагреве в непосредственной близости от нагревателя с учетом приведенной степени черноты, путем решения нелинейной системы уравнений численными методами (4 часа).

**Практические занятия 15, 16.** Расчет а) распределения плотности потока результирующего излучения по ширине металла б) распределения температуры нагревателя по ширине пространства; в) распределения температуры кладки по высоте ВТР с помощью зонального метода исследования радиационного теплообмена (4 часа).

**Практические занятия 17, 18.** Расчет и исследование радиационного теплообмена резолютивно-зональным методом в системе газ-кладка-металл для серых тел (4 часа).

**Самостоятельная работа 4.** Изучение материалов лекций, подготовка к практическому занятию. Выполнение расчетно-графической работы (18 часов).

#### **Промежуточная аттестация по дисциплине: экзамен.**

Экзамен проводится в соответствии с Положением о зачетной и экзаменационной сессиях в НИУ МЭИ и инструктивным письмом от 14.05.2012 г. № И-23.

### **6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описания шкал оценивания**

В зачетную книжку студента и выписку к диплому выносятся оценка по экзамену по дисциплине за 1 семестр.

**Вопросы к экзамену соответствуют вопросам к зачету, приведенным в РПД.**

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

Дисциплина предусматривает лекционные занятия 1 час в неделю и практические занятия 2 часа в неделю. Изучение курса завершается сдачей зачета.

Успешное изучение курса требует активной работы на практических занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

**Практические (семинарские) занятия** составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Основная цель проведения практических (семинарских) занятий - формирование у студентов аналитического, творческого мышления путем приобретения практических навыков.

Методические указания к практическим (семинарским) занятиям по дисциплине наряду с рабочей программой и графиком учебного процесса относятся к методическим документам, определяющим уровень организации и качества образовательного процесса.

Содержание *практических (семинарских) занятий* фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

Важнейшей составляющей любой формы практических занятий являются упражнения (задания). Основа в упражнении - пример, который разбирается с позиций теории. Как правило, основное внимание уделяется формированию конкретных умений, навыков, что и определяет содержание деятельности студентов - решение задач, графические работы, уточнение категорий и понятий науки, являющихся предпосылкой правильного мышления и речи.

Практические (семинарские) занятия выполняют следующие задачи:  
стимулируют регулярное изучение рекомендуемой литературы;

закрепляют знания, полученные в процессе самостоятельной работы над литературой; расширяют объём профессионально значимых знаний, умений, навыков; позволяют проверить правильность ранее полученных знаний; прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления; способствуют свободному оперированию терминологией; предоставляют преподавателю возможность систематически контролировать уровень самостоятельной работы студентов.

При подготовке к **практическим занятиям** необходимо просмотреть методические указания, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на вопросы, выносимые на рассмотрение для данного занятия или в соответствии с полученным заданием.

В ходе проведения практического (семинарского) занятия преподаватель проводит устный или письменный опрос студентов, в соответствии с тематикой занятия и индивидуальным или групповым заданием, полученном студентами на предыдущем занятии, для контроля усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия. (студенты должны знать смысл полученных ими результатов и ответы на контрольные вопросы) По результатам опроса и участия студента в обсуждении вопросов рассматриваемых на практическом занятии выставляется оценка за него.

При подготовке к **экзамену** в дополнение к изучению учебных пособий необходимо пользоваться учебной литературой, рекомендованной к настоящей программе. При подготовке нужно изучить теорию вопросов выносимых на зачет и уметь представить все связанные с ними практические аспекты, рассмотренные на практических (семинарских) занятиях, а также владеть практическими навыками, приобретенными в ходе занятий.

**Самостоятельная работа студентов (СРС)** по дисциплине играет важную роль в ходе всего учебного процесса. Методические материалы и рекомендации для обеспечения СРС готовятся преподавателем и выдаются студенту.

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

**Практические занятия** по данной дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и ПЭВМ.

Рабочую программу дисциплины разработала:

к.ф.-м.н., доцент

Т.С. Любова

Зав. кафедрой к.т.н., доцент

В.А. Михайлов

Изменения и дополнения в РПД приняты на заседании кафедры ПТЭ от 29 августа 2016г., протокол №1.