

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Согласовано
Директор института заочного обучения


М.Н. Нестеров

« 30 » ноября 201 5 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор института


А.В. Белоусов

« 1 » декабря 201 5 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

направление подготовки (специальность):

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

заочная

Институт: Энергетический

Кафедра: Энергетики теплотехнологии

Белгород – 2015

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 01 октября 2015 г., № 1081.
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2015 году.

Составитель: канд. техн. наук, доцент _____ (И.А. Щетинина)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры **энергетики теплотехнологии**

« 16 » ноября 2015 г., протокол № 3

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, профессор _____ (В.П. Кожевников)

Рабочая программа одобрена методической комиссией энергетического института

« 19 » ноября 2015 г., протокол № 3

Председатель: канд. техн. наук, доцент _____ (А.Н. Семернин)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

| Формируемые компетенции | | | Требования к результатам обучения |
|-------------------------|-----------------|---|---|
| № | Код компетенции | Компетенция | |
| Общепрофессиональные | | | |
| 1 | ОПК-2 | Способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования | В результате освоения дисциплины обучающийся должен Знать: алгоритмы создания баз данных в теплоэнергетике Уметь: формировать представления об объекте моделирования, об адекватности математической модели, о численном эксперименте, его преимуществах и недостатках Владеть: математическими моделями теплоэнергетическими объектами |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

| № | Наименование дисциплины (модуля) |
|---|---|
| 1 | Высшая математика |
| 2 | Информационные технологии |
| 3 | Техническая термодинамика |
| 4 | Гидрогазодинамика |
| 5 | Тепломассообмен |
| 6 | Автоматизированные системы мониторинга и управления распределёнными объектами теплотехнологии |

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

| № | Наименование дисциплины (модуля) |
|---|--|
| 1 | Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии |
| 2 | Источники и системы энергоснабжения предприятий |

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач. единиц, 108 часов.

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестр №7 |
|--|-------------|------------|
| Общая трудоемкость дисциплины, час | 108 | 108 |
| Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.: | 18 | 18 |
| лекции | 10 | 10 |
| лабораторные | 8 | 8 |
| практические | | |
| Самостоятельная работа студентов, в том числе: | 90 | 90 |
| Курсовой проект | | |
| Курсовая работа | | |
| Расчетно-графическое задания | | |
| Индивидуальное домашнее задание | 9 | 9 |
| <i>Другие виды самостоятельной работы</i> | 81 | 81 |
| Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен) | Диф. зачет | Диф. зачет |

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 5 Семестр № 9

| № п/п | Наименование раздела (модуля) | К-во лекционных часов | Объем на тематический раздел, час | | |
|---|---|-----------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|
| | | | Практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. Детерминированные математические модели | | | | | |
| | Физическое и математическое моделирование, их различие и сходство. Численный эксперимент. Этапы построения детерминированных моделей: система уравнений математического описания процесса, численное решение задачи, проверка адекватности модели. Роль начальных и граничных условий в построении адекватной модели. | 2 | | 2 | 20 |
| 2. Численный эксперимент | | | | | |
| | Основные методы получения Алгебраических аналогов | 2 | | 2 | |

| | | | | | |
|--|--|-----------|--|----------|-----------|
| | дифференциальных уравнений переноса - метод конечных разностей. Использование рядов Тейлора для дискретизации дифференциальных уравнений. Оценка точности аппроксимации. | | | | 20 |
| 3. Математическое моделирование конвективного теплообмена | | | | | |
| | Интегрирование по контрольному объему для дискретизации и диффузионных членов дифференциальных уравнений. Понятие об устойчивости разностной схемы. Правила корректного построения дискретных аналогов дифференциальных уравнений переноса. Условная и безусловная устойчивость разностных схем. | 2 | | 2 | 20 |
| 4. Математическое моделирование горения | | | | | |
| | Методы численного решения системы дискретных уравнений: прямой метод исключения Гаусса и итерационный Гаусса-Зейделя. Метод прогонки и область его применения. Условия сходимости итераций. | 4 | | 2 | 21 |
| | ВСЕГО | 10 | | 8 | 81 |

4.2 Содержание лабораторных занятий

Материал лекций закрепляется лабораторными работами.

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Тема практического (семинарского) занятия | К-во часов | К-во часов СРС |
|---------------|---------------------------------|--|------------|----------------|
| семестр №7 | | | | |
| 1 | | Стабилизированное течение жидкости в канале | 2 | 20 |
| 2 | | Стационарная теплопроводность футеровки печи | 2 | 20 |
| 3 | | Нестационарная теплопроводность футеровки | 4 | 25 |
| ИТОГО: | | | 8 | 65 |

4.3. Содержание практических занятий

- учебным планом не предусмотрено

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание вопросов (типовых заданий) |
|-------|--|--|
| 1 | Детерминированные математические модели | Физический смысл дифференциального уравнения переноса тепловой энергии. |
| | | Физический смысл дифференциального уравнения диффузионного горения. |
| 2 | Численный эксперимент | Какие члены дифференциальных уравнений называют диффузионными? |
| | | Какие члены дифференциальных уравнений называют конвективными? |
| | | Какие члены дифференциальных уравнений называют нестационарными? |
| | | Какие члены дифференциальных уравнений называют источниковыми? |
| | | В чем различие граничных условий 1-го и 2-го рода? |
| | | С какой целью дифференциальные уравнения заменяются дискретными? |
| | | В чем преимущество метода конечных объемов по сравнению с разностным? |
| | | Что понимается под сходимостью разностной схемы? |
| 3 | Математическое моделирование конвективного теплообмена | Почему неявная разностная схема характеризуется безусловной сходимостью? |
| | | Физический смысл схемы с разностями "против потока"? |
| | | В чем преимущество схемы с разностями "против потока"? |
| | | Зачем выполняют линеаризацию Источниковых членов дискретных уравнений? |
| | | Почему необходимы итерации при численном решении дискретных уравнений? |
| 4 | Математическое моделирование горения | Что понимается под сходимостью итераций? |
| | | Какую структуру имеет система уравнений при ее решении методом прогонки? |
| | | Что понимается под адекватностью математической модели? |
| | | Как проверяется адекватность математической модели? |

5.2 Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем.

.. - учебным планом не предусмотрены

5.3 Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий.

Учебным планом предусмотрено выполнение индивидуального домашнего задания

Тема индивидуального домашнего задания:

- Математическое моделирование теплообмена в топке котла.

Цель индивидуального домашнего задания: изучение студентами методологии математического моделирования заданного теплотехнологического процесса.

Индивидуальное домашнее задание включает расчётно-пояснительную записку и графическую часть.

Расчётно-пояснительная записка оформляется на листах формата А4 (с одной стороны листа).

Расчётно-пояснительная записка должна содержать:

- сведения о студенте, выполняющем работу: фамилия, инициалы, группа;
- задание на расчётно-графическую работу, подписанное студентом и преподавателем;
- основную часть, включающую в себя математическую модель заданного теплотехнологического процесса, математическую обработку результатов моделирования и исследований работы заданного теплотехнологического процесса.
- выводы и заключение.

В записке даются указания, обоснования и пояснения численного моделирования теплотехнологического процесса.

Графическая часть представляет собой математическую модель с графиками математического моделирования.

ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6.1. Перечень основной литературы

Основная литература электронный ресурс

1. Кузнецов В.А. Численное исследование диффузионного горения природного газа. Результаты, методы, алгоритмы [Электронный ресурс] : монография / В. А. Кузнецов. - Электрон, текстовые дан. - Германия : Palmarium Academic Publishing, 2014. - <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2014090313184479000000657666>
2. Алексеев, Г.В. Численные методы при моделировании технологических машин и оборудования: учеб, пособие. [Электронный ресурс] / Г.В. Алексеев, Б.А. Вороненко, М.В. Гончаров, И.И. Холявин. — Электрон, дан. — СПб. : ГИОРД, 2014. — <https://edanbook.com/book/69875#authors>
3. Сулова С.А. Численные методы [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ/ Сулова С.А.— Электрон, текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012.— 34 с.— <http://www.iprbookshop.ru/55178.html>
4. Компьютерные методы математических исследований [Электронный ресурс]: методические указания к самостоятельной работе по дисциплинам «Численные методы» и «Компьютерное моделирование»/ — Электрон, текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013.— 30 с.— <http://www.iprbookshop.ru/55102.html>

Основная литература печатный ресурс

1. Кузнецов, В. А. Математическое моделирование горения и тепловых процессов : учеб, пособие для студентов специальности 140105 / В. А. Кузнецов. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2005. - 79 с

6,2 Перечень дополнительной литературы электронный ресурс

1. Кузнецов, В. А. Численное исследование диффузионного горения природного газа. Результаты, методы, алгоритмы [Электронный ресурс] : монография / В. А. Кузнецов. - Электрон, текстовые дан. - Германия : Palmarium Academic Publishing, 2014
<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2014090313184479000000657666>
2. Новиков С.И. Оптимизация систем автоматизации теплоэнергетических процессов. Часть 1. Автоматические системы регулирования теплоэнергетических процессов с аналоговыми регуляторами [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Новиков С.И.— Электрон, текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011.— 284 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45414>.— ЭБС «IPRbooks»
<http://www.iprbookshop.ru/45414.html>

Дополнительная литература печатный ресурс

1. Кузнецов, В. А. Основы математического моделирования теплотехнологических процессов : учеб, пособие для студентов специальности 100800 / В. А. Кузнецов. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2004.- 66 экз.

Справочная и нормативная литература

1. Блох А.Г., Журавлев Ю.А., Рыжков Л.Н. Теплообмен излучением: Справочник. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 588 с.
3. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Топливо. Рациональное сжигание, управление и технологическое использование: Справочник. - Т. 1. - М.: Теплотехник, 2003. - 608 с.
4. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Хрестоматия энергосбережения: Справочник. - Т. 1. - М.: Теплоэнергетик, 2003. - 688 с.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Лекционные занятия - аудитория, оснащённая письменными столами, стульями, классной доской (для рисования мелом или маркером)

Лабораторные занятия проводятся в компьютерном классе, оборудованном компьютерами с использованием:

- компьютерных программы математического моделирования теплотехнологических процессов.

Просматриваются видеофильмы:

- основы гидро и аэродинамики (кинофильм, 2 части, 16 мм);
- струйные течения (кинофильм, 2 части, 16 мм);
- явления переноса в газах (кинофильм, 2 части, 16 мм);
- лучистый теплообмен (кинофильм, 2 части, 16 мм);
- горение и теплообмен в топке котла (компьютерная программа);
- радиационно-конвективный теплообмен в экспериментальной трубе (компьютерная программа).

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2016/2017 учебный год.

Протокол № 9 заседания кафедры от «16» 05 2016г.

Заведующий кафедрой _____ (В.П. Кожевников)

Подпись ФИО

Директор института _____ (А.В. Белоусов)

Подпись ФИО

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2017-2018 учебный год.

Протокол № 9 заседания кафедры от «25» 05 2017г.

Заведующий кафедрой _____

Подпись ФИО

(В.П. Кожевников)

Директор института _____

(А.В. Белоусов)

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2018/2019 учебный год.

Протокол № 12 заседания кафедры от «24» 05 2018 г.

Заведующий кафедрой _____ (В.П. Кожевников)

Подпись ФИО

Директор института _____ (А.В. Белусов)

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение №1. Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины «Математическое моделирование в теплоэнергетике».

Курс " **Математическое моделирование в теплоэнергетике** " представляет собой неотъемлемую составную часть подготовки студентов по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" и предназначен для подготовки бакалавров по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника".

Целью освоения дисциплины являются приобретение студентами знаний и выработка профессиональных компетенций в области современных численных методов математического моделирования горения и тепломассообменных процессов. Занятия проводятся в виде лекций и лабораторных работ.

Распределение материала дисциплины по темам и требования к ее освоению содержатся в рабочей программе дисциплины, которая определяет содержание и особенности изучения курса.

Курс состоит из четырех разделов. В первом разделе изучаются основные понятия математического моделирования на основе дифференциальных уравнений в частных производных. Эти знания формируют у студентов теоретическую основу и простейшие практические навыки математического и компьютерного моделирования.

Во втором разделе главное место занимают дискретные аналоги дифференциальных уравнений и основные численные методы их решения. В третьем разделе основное внимание уделяется современным численным методам моделирования стационарной и нестационарной теплопроводности. Более сложные вопросы численного моделирования конвективного теплообмена и горения топлива в диффузионном факеле рассматриваются в последнем четвертом разделе. Здесь же формулируются принципы численного математического моделирования взаимосвязанных теплотехнологических процессов в промышленных печах и топках.

Лабораторные работы позволяют закрепить теоретические знания. Освоение теоретического материала проверяется при выполнении и защите лабораторных работ. Формы контроля знаний студентов предполагают текущий и итоговый контроль. Текущий контроль знаний проводится с помощью проверки их практического усвоения в ходе лабораторных работ по важнейшим теоретическим темам и при защите ИДЗ. Итоговый контроль знаний осуществляется на экзамене.

Большое значение для изучения курса имеет самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа является главным условием успешного освоения изучаемой учебной дисциплины и формирования высокого профессионализма будущих магистров. Глубокое освоение дисциплины возможно лишь при систематической самостоятельной работе студента, требующей осмысления и повторения пройденного материала.

Исходный этап изучения курса – ознакомление с рабочей программой, характеризующей границы и содержание учебного материала, который подлежит освоению. Изучение отдельных тем курса необходимо осуществлять в соответствии с поставленными целями, основываясь в вопросах, поставленных в лекции преподавателя. В учебниках и учебных пособиях, представленных в списке основной и дополнительной литературы, содержатся возможные ответы на поставленные вопросы.


Студент изучает и усваивает соответствующие разделы лекций и учебных пособий в ходе подготовки к выполнению и при оформлении лабораторных работ, а также при подготовке к защите ИДЗ и к экзамену. Значительное внимание уделяется оформлению результатов ИДЗ, так как именно здесь студент получает и усваивает навыки работы с технически документами.

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2019 /20 учебный год.

Протокол № 12 заседания кафедры от «_13_» июня 2019 г.

Зам. заведующего кафедрой  Ю.В. Васильченко

Директор института  А.В. Белоусов