

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.



Программа аспирантуры

Направление 13.06.01. Электро- и теплотехника

Направленность (специальность) 05.14.04. Промышленная теплоэнергетика

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Моделирование систем теплоснабжения и теплопотребления промышленной теплоэнергетики»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.3.2

Всего: 72 часа

Семестр 5, в том числе

6 часов - контактная работа,
48 часов - самостоятельная работа,
18 часов - контроль.

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника, утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 878, и паспорта специальности 05.14.04. Промышленная теплоэнергетика, номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является изучение методов и современных средств математического моделирования процессов сложных энергетических и теплотехнологических систем промышленной теплоэнергетики и теплотехнологии.

Задачами дисциплины являются:

- изучение методов математического описания процессов тепло- и массопереноса и гидродинамики в сложных энергетических и теплотехнологических системах промышленной теплоэнергетики и теплотехнологии;
- изучение принципов построения математических моделей сложных энергетических и теплотехнологических систем для получения и преобразования энергии, превращений и обработки веществ и материалов;
- изучение способов описания технологии получения энергии, производства и обработки веществ и материалов при однофазных течениях, фазовых и химических превращениях;
- изучение методов разработки, реализации и верификации математических моделей новых энергосберегающих и экологических энергетических и теплотехнологических систем для реализации процессов, сопровождающихся фазовыми и химическими превращениями;
- формирование навыков выполнения расчетов энергетических и теплотехнологических систем для реализации сложных процессов получения и

преобразования энергии и обработки материалов без фазовых изменений и сопровождающихся фазовыми и химическими превращениями.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленных задач (ОПК-2);
- владеть современными и перспективными компьютерными и информационными технологиями (ПК-2);
- владеть навыками применения полученной информации в профессиональной деятельности (ПК-3)
- владеть информацией о новейших достижениях в области промышленной теплоэнергетики (ПК-4)

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

Знать:

- основные источники научно-технической информации по производственным системам энергоемких отраслей промышленности (ПК-4);
- существующие методы математического моделирования энергетических и теплотехнологических систем для получения и преобразования энергии и обработки веществ и материалов в промышленной теплоэнергетике и технологии (ПК-3);
- современные и перспективные модели усовершенствования существующих и разработки новых перспективных энергетических и теплотехно-

гических систем для получения энергии и обработки веществ и материалов в промышленной теплоэнергетике и технологии (ПК-3);

Уметь:

- проводить исследования процессов тепломассообмена и гидродинамики сложных системах, в том числе при фазовых и химических превращениях, процессах сорбции, фазового разделения смесей с применением методов математического моделирования энергетических и теплотехнологических систем промышленной теплоэнергетики и теплотехнологии (ОПК-2);
- разрабатывать и исследовать энергетические и теплотехнологические системы нового поколения с использованием методов математического моделирования (ПК-3);
- осваивать и применять на практике новые методы расчета и проектирования энергетических и теплотехнологических систем промышленной теплоэнергетики и теплотехнологии с использованием современных программных средств (УК-2).

Владеть:

- информацией о новейших достижениях в области математического моделирования энергетических и теплотехнологических систем для обработки веществ в промышленной теплоэнергетике и теплотехнологии (ОПК-2);
- современными и перспективными компьютерными и информационными технологиями (ПК-4);
- методами разработки и верификации сложных систем в которых реализуются гидродинамические и тепло- и массообменные процессы (ПК-3);
- культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ

1. Общие положения

Примеры физических задач, требующих применения методов математического моделирования для описания сложных энергетических и теплотех-

нологических систем промышленной теплоэнергетики и теплотехнологии. Задачи, требующие использования моделей с сосредоточенными параметрами. Задачи, требующие использования моделей с распределенными параметрами. Математические модели. Типы вычислительных задач. Корректность и обусловленность математических задач. Правило Адамара.

2. Сложные энергетические и теплотехнологические системы и задачи их расчета

Понятие системы свойства систем. Обобщенные модели систем: модель черного ящика, модель состава системы, модель структуры системы. Примеры сложных энергетических и теплотехнических систем. Их состав и структура. Тепловые электростанции различных видов и котельные установки, как сложные энергетические системы. Системы энергоснабжения: система электроснабжения, система теплоснабжения, система газоснабжения. Инженерные системы зданий и сооружений: системы отопления, системы вентиляции и кондиционирования воздуха, системы горячего и холодного водоснабжения. Теплотехнологические системы: промышленные печи, химико-технологические установки, ректификационные, выпарные, сушильные установки, установки по утилизации теплоты вторичных энергетических ресурсов. Декомпозиция систем. Показатели качества теплотехнических систем: показатели надежности, энергетической и экономической эффективности, экологические показатели, эксплуатационные показатели. Дерево отказов технических систем, как отражение ее надежности. Энергетический баланс технической системы как отражение ее энергетической эффективности. Задачи расчета сложных теплотехнических систем.

3. Модели элементов систем

Виды моделей. Математические модели. Модели с сосредоточенными и с распределенными параметрами. Отличие моделирования систем и их отдельных элементов. Базовая система уравнений гидродинамики и тепло- и массообмена. Задание начальных и граничных условий при моделировании элементов систем. Передаточные функции элементов теплотехнологических систем. Особенности объединения моделей отдельных элементов в общую

модель системы. Переход от модели с распределенными параметрами в отдельном элементе системы к модели с сосредоточенными параметрами путем интегрирования показателей по области распределения. Совмещение моделей с распределенными и с сосредоточенными параметрами в обобщенную модель системы. Верификация математических моделей.

4. Моделирование сложных систем в среде имитационного моделирования

MATLAB SIMULINK

Назначение среды MATLAB SIMULINK. Ее основные возможности. Элементы интерфейса. Основные блоки библиотеки SIMULINK для имитационного моделирования. Создание собственных блоков. Импорт и экспорт информации. Методы решения задачи Коши и краевых задач для систем уравнений, описывающих поведение элементов системы. Создание подпрограмм для решения стационарных и нестационарных задач с распределенными параметрами (краевые задачи) в среде SIMULINK на примере задач стационарной и нестационарной теплопроводности. Пример создания виртуального стенда лабораторной установки в программе MATLAB SIMULINK.

5. Использование нейронных сетей для моделирования поведения сложных систем

Понятие нейронной сети. Нейронная сеть как феноменологическая модель объекта (системы, элемента системы). Задачи, решаемые на основе нейронных сетей. Организация нейронной сети. Обучение нейронной сети. Пример применения нейронной сети для описания технической системы. Обучение нейронной сети на основании экспериментов и натурных испытаний. Обучение нейронной сети на основании дифференциальной модели.

6. Примеры моделирования сложных теплоэнергетических и теплотехнических систем

Моделирование гидродинамических и тепловых режимов работы тепловых сетей. Моделирование работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования. Моделирование работы теплоутилизационных установок, включающих рециркуляцию, теплообменники-утилизаторы и тепловые насосы.

Моделирование автономных источников тепловой и электрической энергии: котельные установки, газопоршневые агрегаты, установки органического цикла Ренкина, химические реакторы, сорбционные установки, аккумуляторы теплоты. Оптимизация сложных систем на основе их математических моделей: оптимизация структуры систем, оптимизация режимных параметров систем, оптимизация конструктивных параметров элементов систем.

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ контроля освоения РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 5 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

1. Каковы особенности математических моделей сложных систем, применяемых в промышленной теплоэнергетике и теплотехнологии?
2. Каковы особенности математического моделирования тепловых эффектов при фазовых и химических превращениях?
3. Какие методы используются для верификации математических моделей сложных систем?
4. В чем состоят особенности математического моделирования химических реакций?
5. Чем определяется сложность системы и в чем состоит отличие простых и сложных систем?
6. Как можно совместить в одной модели составляющие с распределенными и сосредоточенными параметрами?
7. Какие показатели качества используют для оценки эффективности сложных энергетических и теплотехнологических систем?
8. Как влияют различные факторы на величину скорости химической реакции и интенсивность процессов испарения и конденсации и каковы особенности их учета в математических моделях промтеплоэнергетических и теплотехнологических систем?
9. Что такое нейронная сеть?

10. Каким образом происходит обучение нейронной сети?
11. Как при помощи нейронной сети можно смоделировать работу сложной системы, например системы теплоснабжения предприятия?
12. Какой математический аппарат использует среда имитационного моделирования MatLab Simulink?
13. Решение каких задач является проблематичным в среде имитационного моделирования MatLab Simulink?
14. Основные представления о математических моделях сложных систем промышленной теплоэнергетики и теплотехнологии.
15. Особенности тепломассообменных процессов при фазовых и химических превращениях и их учет в математических моделях сложных систем промышленной теплоэнергетики и теплотехнологии.
16. Базовая система дифференциальных уравнений тепломассопереноса при вынужденной и свободной конвекции однофазных потоках, фазовых и химических превращениях, используемая при математическом моделировании сложных систем промтеплоэнергетики и теплотехнологии.
17. Граничные условия при математическом моделировании процессов переноса при фазовых и химических превращениях и без них в системах промышленной теплоэнергетики и теплотехнологии.
18. Кинетика химических реакций и ее учет при математическом моделировании сложных систем промышленной теплоэнергетики и теплотехнологии.
19. Аккумуляторы теплоты и холода, в том числе с фазовыми и химическими превращениями, режимы их работы, особенности математического моделирования в сложных системах промтеплоэнергетики и теплотехнологии.
20. Химические реакторы для осуществлениетехнологических процессов, специфика их математического моделирования.
21. Процессы сорбции и десорбции при получении природного газа, существующие математические модели систем абсорбции и десорбции и их практическое применение.

22. Влияние структурных и технологических факторов на кинетику химических процессов и их математические модели.
23. Оптимизация работы сложных систем на основе их математических моделей.
24. Методы верификации математических моделей сложных систем.
25. Нейронные сети, как феноменологические модели объекта.
26. Показатели качества сложных технических систем. Их виды и способы определения.
27. Корректность и обусловленность математических задач, возникающих при описании системы. Правило Адамара.
28. Пример моделирования сложной системы на основе солнечной адсорбционной холодильной установки.
29. Пример моделирования сложной системы на примере теплонасосной установки, утилизирующей теплоту грунта с радиационным подогревом и аккумулятором теплоты.
30. Пример моделирования сложной системы на примере системы термохимической регенерации высокотемпературных отходов металлургических производств.

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. Афанасьев О. В., Голик Е. С., Первухин Д. А. Теория и практика моделирования сложных систем. Учебное пособие. – СПб.: СЗТУ. 2005. – 132 с.
2. Сирота А. А. Компьютерное моделирование и оценка эффективности и сложности систем. Учебное пособие. М., 2006. – 280 с.
3. Пикина Г. А. Математические модели технологических процессов: Учебное пособие. М.: Издательский дом «МЭИ», 2007. – 300 с.
4. Галушкин А. И. Нейронные сети. Основы теории / А. И. Галушкин. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2010. – 496 с.
5. Яньков В.Ю. Лабораторный практикум по Маткаду. Модуль 3 Моделирование в Маткаде. Для преподавателей, аспирантов и студентов техниче-

ских, технологических и экономических специальностей всех форм обучения. М.: МГУТУ, 2009.

6. Никоноров А. В., Фурсов В. А. Компьютерное моделирование процессов и систем с использованием пакета MatLab. Самара: СГАУ, 2009. – 20 с.

Дополнительная литература:

7. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем. М.: Высш. шк., 2007–320 с.

8. Вайнберг Ф.М.. Математическое моделирование процессов переноса. Решение нелинейных краевых задач. 2009. – 210 с.

9. Самарский А.А., Михайлов В. П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. 2-е изд. испр. 2005. – 320 с.

10. Волков К.Н., Емельянов В.Н. Моделирование крупных вихрей в расчетах турбулентных течений. 2008. – 370 с.

11. Васильев В.В., Симак Л.А., Рыбникова А.М. Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде MATLAB/SIMULINK. Учебное пособие для студентов и аспирантов. 2008. – 91 с.