

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 процессов и аппаратов
промышленной теплоэнергетики»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.2.2

Всего: 108 часов

Семестр 3, в том числе

6 часов – контактная работа,
84 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 и аппаратов промышленной теплоэнергетики и теплотехнологии.

Задачами дисциплины являются:

- изучение методов математического моделирования тепло- и массопереноса и гидродинамики в процессах и аппаратах промышленной теплоэнергетики;
- изучение принципов построения математических моделей аппаратов и установок для превращений и обработки веществ и материалов;
- изучение основ технологии производства и обработки веществ и материалов при однофазных течениях, фазовых и химических превращениях;
- научить методам разработки и создания математических моделей новых энергосберегающих и экологичных аппаратов, установок и систем для реализации процессов, сопровождающихся фазовыми и химическими превращениями;
- научить выполнять расчеты и аппаратов, установок и систем для реализации процессов без фазовых изменений и сопровождающихся фазовыми и химическими превращениями.

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

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерирование новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- 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);
- знать достижения в области технологии создания энергоэффективных процессов, аппаратов и систем промышленной теплоэнергетики (ПК-6)

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения учебной дисциплины обучающиеся должны демонстрировать следующие результаты образования:

Знать:

- основные источники научно-технической информации по производственным системам энергоемких отраслей промышленности (ПК-3);
- существующие методы математического моделирования процессов и аппаратов для обработки веществ и материалов в промышленной теплоэнергетике и технологии (УК-1);
- современные и перспективные модели усовершенствования существующих и разработки новых перспективных процессов, аппаратов и установок для обработки веществ и материалов в промышленной теплоэнергетике и технологии (УК-1);
- достижения в области технологии создания энергоэффективных процессов, аппаратов и систем промышленной теплоэнергетики (ПК-6)

Уметь:

- проводить исследования процессов тепломассообмена и гидродинамики при фазовых и химических превращениях с применением методов математического моделирования процессов и аппаратов промышленной теплоэнергетики и теплотехнологии (ОПК-2);
- разрабатывать и исследовать процессы и аппараты нового поколения с использованием методов математического моделирования (ПК-3);

Владеть:

- информацией о новейших достижениях в области математического моделирования процессов и аппаратов для обработки веществ в промышленной теплоэнергетике и теплотехнологии (ПК-2);
- современными и перспективными компьютерными и информационными технологиями (ПК-2);
- методами математического моделирования технологий создания промышленного энергетического и технологического оборудования для реализации процессов, сопровождающихся фазовыми и химическими превращениями (ПК-6).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Общие положения

Примеры физических задач, требующих применения методов математического моделирования для описания процессов и аппаратов 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. Математическое описание процессов гидродинамики, тепло- и массообмена

Основные уравнения математической физики, используемые при моделировании процессов гидродинамики, тепло- и массообмена: уравнения

неразрывности, движения, энергии, сохранения массы компонента смеси. Физический смысл их членов. Основные виды источников членов, используемых в этих уравнениях. Граничные условия первого, второго и третьего рода. Аналитические решения уравнений переноса для простейших случаев. Автомодельные задачи гидродинамики и теплообмена. Их решения.

3. Моделирование турбулентных течений

Явление турбулентности. История его изучения. Переход от ламинарного течения к турбулентному. Перемежаемость. Структура турбулентного пограничного слоя. Модель обновления вязкого подслоя. Уравнения Рейнольдса для турбулентного течения. Тензор турбулентных напряжений. Описание корреляций, входящих в тензор турбулентных напряжений. Модели турбулентности. Модель пути перемешивания Прандтля. Кинетическая энергия турбулентности и скорость ее диссипации. Модель Колмогорова. Моделирование переноса теплоты и массы компонента в турбулентных течениях. Турбулентные аналоги чисел Прандтля и Шмидта.

4. Моделирование процессов в теплообменных аппаратах и химических реакторах

Одномерные уравнения для описания процессов переноса теплоты в прямоточных и противоточных теплообменных аппаратах. Область применимости одномерных моделей. Уравнения кинетики химических реакций. Способы описания источников членов, связанных с образованием новых веществ и выделением теплоты за счет химических реакций в уравнениях переноса. Способы описания течений в аппаратах со сложной геометрией. Метод взаимопроникающих континуумов. Моделирование турбулентности в аппаратах со сложной геометрией.

5. Проверка математических моделей

Методы проверки математических моделей. Ошибки в моделях, связанные с неверным или недостаточно точным описанием физических процессов.

Ошибки в алгоритмах. Вычислительные ошибки, связанные неточностью входных данных, округлением результатов, недостаточно точной аппроксимацией функций и производных. Проверка путем сопоставления результатов с частными экспериментами. Проверка выполнения балансовых соотношений, как по отдельным элементам моделируемого объекта, так и для всего объекта в целом. Проверка моделей по результатам, полученным в асимптотических случаях. Сравнение расчетов, проведенных по различным моделям. Проверка моделей на непротиворечивость.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ

ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 3 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета:

1. Каковы основные математические модели процессов и аппаратов промышленной теплоэнергетики и теплотехнологии, применяемые на практике.
2. Каковы особенности математических моделей процессов и аппаратов, применяемых в промышленной теплоэнергетике и теплотехнологии?
3. Каковы особенности математического моделирования тепловых эффектов при фазовых и химических превращениях?
4. Что такое скорость химической реакции и особенности ее протекания и математического моделирования?
5. Каковы основные виды режимов работы тепломассообменных аппаратов и особенности их математического моделирования?
6. Каковы причины, обуславливающие различие подходов к математическому моделированию тепловых процессов при различных уровнях температуры?
7. Какие основные виды режимов работы промышленного тепломассообменного оборудования для осуществления фазовых и химических превра

щений и их влияние на применяемые методы математического моделирования?

8. Как влияют различные факторы на величину скорости химической реакции и интенсивность процессов испарения и конденсации и особенности их учета в математических моделях?

9. Что такое тепловой эффект химической реакции и способы его учета в математических моделях процесса?

10. Как изменяется величина плотности теплового потока при изменении ориентации теплообменной поверхности в пространстве и ее влияние на математическую модель процесса?

11. Какие стадии процессов обработки веществ и материалов могут быть лимитирующими при фазовых и химических превращениях и как это скажется на их математических моделях?

12. Основные представления о математических моделях процессов и аппаратов промышленной теплоэнергетики и теплотехнологии.

13. Особенности теплообменных процессов при фазовых и химических превращениях и их математических моделей.

14. Базовая система дифференциальных уравнений теплопереноса при вынужденной и свободной конвекции однофазных потоках, фазовых и химических превращениях, используемая при их математическом моделировании.

15. Термодинамические основы процессов фазовых превращений и их использование при математическом моделировании процессов и аппаратов промышленной теплоэнергетики и теплотехнологии.

16. Граничные условия при математическом моделировании процессов переноса при фазовых и химических превращениях и без них.

17. Свойства растворов, обрабатываемых выпариванием и их учет в математических моделях процесса.

18. Кинетика химических реакций и ее учет при математическом моделировании процессов и аппаратов.

19. Виды и конструкции, режимы работы перегонных ректификационных установок. Специфика их математического моделирования.

20. Аккумуляторы теплоты и холода, в том числе с фазовыми и химическими превращениями, режимы их работы, особенности математического моделирования.

21. Химические реакторы для осуществления процессов с фазовыми изменениями, специфика их математического моделирования.

22. Процессы сорбции и десорбции при получении природного газа, существующие математические модели абсорберов и десорберов и их практическое применение.

23. Синтезгаз и возможности его получения и применения в промышленной теплоэнергетике. Проблемы математического моделирования процессов его получения.

24. Твердофазные аккумуляторы теплоты и холода. Их математические модели.

25. Влияние структурных и технологических факторов на кинетику химических процессов и их математические модели.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Мышкис А.Д. Элементы теории математических моделей. М.: КомКнига, 2007. 192 с.
2. Самарский А.А., Михайлов В.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. 2-е изд. испр. 2005. – 320 с.
3. Волков К.Н., Емельянов В.Н. Моделирование крупных вихрей в расчетах турбулентных течений. 2008. – 370 с.

4. 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.