

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

«Тепломассообмен при фазовых и химических превращениях»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.1.2

Всего: 108 часов

Семестр 1, 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 фундаментальных основ процессов тепло- и массообмена и гидродинамики при фазовых и химических превращениях веществ и материалов.

Задачи дисциплины:

- изучение законов тепло- и массопереноса и гидродинамики при фазовых и химических превращениях;
- изучение основных видов процессов и конструкций аппаратов, принципов построения установок и систем для превращений и обработки веществ и материалов, сопровождающихся фазовыми и химическими превращениями;
- изучение основ технологии производства и обработки веществ и материалов при фазовых и химических превращениях;
- научить методам разработки и создания новых энергосберегающих и экологических аппаратов, установок и систем для реализации процессов, сопровождающихся фазовыми и химическими превращениями;
- научить выполнять расчеты и аппаратов, установок и систем для реализации процессов, 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);
- овладение современными и перспективными компьютерными и информационными технологиями (ПК-2);
- самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленных задач (ОПК-2);

- владеть навыками применения полученной информации в профессиональной деятельности (ПК-3).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения учебной дисциплины обучающиеся должны продемонстрировать **следующие результаты образования:**

знать:

- основные источники научно-технической информации по производственным системам энергоемких отраслей промышленности (УК-1);
- принципы работы аппаратов, установок и систем для обработки веществ и материалов при фазовых и химических превращениях (УК-1);
- современные и перспективные пути усовершенствования существующих и разработки новых перспективных процессов, аппаратов и установок для обработки веществ и материалов при фазовых и химических превращениях (ОПК-2);
- современные и перспективные энергосберегающие технологии и вещества, в том числе наноматериалы, применяемые в технологиях создания современных процессов, аппаратов и установок для реализации процессов фазовых и химических превращений (ПК-2).

уметь:

- разрабатывать и исследовать процессы, аппараты и системы нового поколения (ПК-3);
- самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета процессов и аппаратов для фазовых и химических превращений и применять их для решения поставленных задач (ПК-2);
- использовать программы расчетов характеристик теплотехнологического оборудования и теплотехнологических систем (ОПК-2);
- осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт в областях энергосбережения (ПК-2);

- разбираться в методиках расчета и проектирования процессов, аппаратов, установок и систем с фазовыми и химическими превращениями, применять их для решения поставленной задачи (ПК-3);
- анализировать информацию о новых технологиях в энергоемких областях промышленности (УК-1).

Владеть:

- навыками дискуссии по профессиональной тематике (УК-1);
- информацией о новейших достижениях в области реализации процессов обработки веществ при фазовых и химических превращениях (ПК-2);
- современными и перспективными компьютерными и информационными технологиями (ПК-2);
- технологиями создания промышленного энергетического и технологического оборудования для реализации процессов, сопровождающихся фазовыми и химическими превращениями (ПК-3).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Общие вопросы

Примеры физических задач, требующих применения методов расчета, физического, математического и компьютерного моделирования, экспериментального исследования процессов тепло- и массообмена в аппаратах, установках и системах промышленной теплоэнергетики и технологии при фазовых и химических превращениях обрабатываемых веществ, материалов и теплоносителей. Достижения в этой области науки и техники за последние двадцать лет. Нерешенные проблемы.

2. Теплообмен при конденсации однокомпонентного пара

Условия возникновения конденсации пара. Пленочная и капельная конденсация. Коэффициент конденсации. Термическое сопротивление фазового перехода.

Теоретический расчет теплообмена при конденсации практически неподвижного пара (ламинарное и турбулентное течение конденсата); сравне-

ние с опытными данными и расчетные рекомендации. Влияние на теплоотдачу скорости пара. Конденсация пара внутри труб. Конденсация 'пара 'на горизонтальных трубах и пучках труб.

Теплоотдача при капельной конденсации 'пара. Основные представления о механизме процесса, расчетные уравнения. Влияние перегрева и влажности пара на коэффициент теплоотдачи. Особенности теплоотдачи при конденсации паров металлов.

3. Теплообмен при кипении однокомпонентной жидкости

Условия возникновения кипения. Перегрев жидкости и наличие центров парообразования как условия возникновения паровой фазы. Рост, отрыв и движение пузырей пара. Теплообмен при пузырьковом кипении между стенкой и жидкой фазой, между жидкой и паровой фазами. Механизм кипения жидкостей. Влияние свойств поверхности и давления системы. Рост паровых пузырей в области высоких и низких давлений. Особенности кипения жидких металлов и криогенных жидкостей. 1-й кризис теплоотдачи. Гидродинамические аспекты кризиса. Предельные оценки по $q_{кр}$ в каналах. Природа 2-го кризиса кипения. Теплоотдача при пленочном кипении.

Анализ специальных условий совместности для переноса через границу в однокомпонентных системах. Оценка влияния неравновесных эффектов. Квазиравновесная схема.

Зависимость коэффициента теплоотдачи и плотности теплового потока от температурного напора, давления, физических свойств жидкости, состояния поверхности и других факторов при кипении в большом объеме для пузырькового кипения. Пленочный режим. Первая и вторая критические плотности теплового потока. «Кризисы» второго рода.

Структура и режимы течения при кипении внутри труб. Массовое и объемное расходные паросодержания. Скорость циркуляции. Развитие процесса по длине трубы.

Метод обобщения опытных данных по теплообмену при пузырьковом кипении в большом объеме и в трубах. Обобщенные и частные эмпирические зависимости для коэффициентов теплоотдачи.

Теплообмен при турбулентном режиме пленочного кипения жидкости. Зависимость первой и второй критических плотностей теплового потока от различных факторов. Особенности теплообмена при кипении жидких металлов.

4. Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах

Основные положения тепло- и массообмена в бинарных паро-газовых смесях. Законы молекулярного переноса массы. Конвективный массообмен. Молекулярная и молярная диффузия и их связь с другими физическими процессами переноса. Концентрационная диффузия. Закон Фика. Коэффициенты молекулярной диффузии. Термо- и бародиффузия. Термодиффузионное отношение и коэффициент термодиффузии. Термо- и бародиффузия. Конвективный массообмен. Массоотдача. Коэффициенты массоотдачи. Стефанов поток при полупроницаемой поверхности раздела фаз.

Дифференциальные уравнения совместного тепло- и массообмена в бинарных парогазовых смесях. Краевые условия. Стефанов поток. Аналогия процессов тепло- и массообмена в парогазовых смесях. Тройная аналогия. . Условия выполнения аналогии и ее практическое использование.

Диффузионный пограничный слой, результаты его расчета. Расчет коэффициентов тепло- и массоотдачи при испарении со свободной поверхности и из пористого тела. Особенности испарения из капилляров.

Тепло- и массообмен при испарении жидкости в парогазовую среду. Уравнения баланса теплоты и массы. Диффузионный пограничный слой. Тепло- и массообмен при конденсации пара из парогазовой смеси. Влияние проницаемости межфазной поверхности на процессы совместного тепло- и массопереноса. Процессы адиабатического и неадиабатического испарения. Методы определения коэффициентов тепло- и массоотдачи.

Тепло- и массоотдача при конденсации смеси паров и пара из парогазовой смеси. Изменение концентраций и температур в парогазовой смеси. Распределение переносимого тепла по отдельным составляющим. Зависимость интенсивности теплообмена от содержания неконденсирующегося компонента при различных условиях протекания процесса.

5. Основы тепло- и массообмена при химических превращениях

Основные понятия. Краткие сведения из термохимии и химической кинетики. Дифференциальные уравнения тепло- и массообмена при химических превращениях. Краевые условия. Замороженное и равновесное течение реагирующих сред. Преобразованный закон Ньютона – Рихмана. Теплообмен между смесью реагирующих веществ и поверхностью раздела фаз.

6. Тепло- и массообмен при химических превращениях

Энтальпия газа и смеси газов с учетом энергии образования. Краевые задачи для совместных процессов тепло- и массообмена при наличии химических реакций; частные случаи, их аналогии с ранее изученными процессами.

Особенности тепло- и массообмена в диссоциированном и ионизированном газах. Модификация закона Ньютона—Рихмана. Равновесные и неравновесные процессы.

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 1 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

1. Каковы основные процессы, протекающие фазовых и химических превращениях?
2. Каковы причины их частого применения в промышленной теплоэнергетике и технологии?
3. Каковы особенности тепловых эффектов при фазовых и химических превращениях?
4. Что такое скорость химической реакции и особенности ее протекания?
5. Какие основные виды режимов работы тепломассообменных аппаратов для реализации процессов с фазовыми и химическими превращениями?
6. Каковы причины, обуславливающие различие тепловых процессов при различных температурах?

7. Какие основные виды режимов работы промышленного теплообменного оборудования для осуществления фазовых и химических превращений?
8. Как влияют различные факторы на величину скорости химической реакции и интенсивность процессов испарения и конденсации?
9. Что такое тепловой эффект химической реакции?
10. Как изменяется величина плотности теплового потока при изменении ориентации теплообменной поверхности в пространстве?
11. Какие стадии процессов обработки веществ и материалов могут быть лимитирующими при фазовых и химических превращениях?
12. Основные представления о фазовых и химических превращениях.
13. Особенности теплообменных процессов при фазовых и химических превращениях.
14. Базовая система дифференциальных уравнений теплопереноса при фазовых и химических превращениях.
15. Термодинамические основы процессов фазовых превращений.
16. Граничные условия при описании процессов переноса при фазовых и химических превращениях.
17. Свойства растворов, обрабатываемых выпариванием.
18. Кинетика химических реакций.
19. Виды и конструкции перегонных ректификационных установок.
20. Аккумуляторы теплоты и холода с фазовыми и химическими превращениями.
21. Химические реакторы для осуществления процессов с фазовыми изменениями.
22. Процессы сорбции и десорбции при получении природного газа.
23. Синтез-газ и возможности его получения и применения в промышленной теплоэнергетике.
24. Твердофазные аккумуляторы теплоты и холода.
25. Современные технологии применения аккумуляторов теплоты и холода.

26. Влияние структурных и технологических факторов на кинетику химических процессов.

27. Виды и типы выпарных аппаратов и установок.

Рекомендуемая литература:

Основная литература:

1. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 550 с.
2. Лабунцов Д.А., Ягов В.В. Механика двухфазных систем: учебное пособие для вузов, 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 384 с.
3. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е., Техническая термодинамика: учебник для вузов. – 5-е изд., перераб. И доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 496 с.
4. Дмитриенко А.В. Основы тепломассообмена и гидродинамики в однофазных и двухфазных турбулентных средах, критериальные, интегральные, статистические и прямые численные методы моделирования. – М.: ЛАТМЭС. 2008. – 396 с.

Дополнительная литература:

5. Труды четвертой Российской национальной конференции по теплообмену: в 8 томах. Т. 5. Испарение, конденсация, двухфазные течения. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 350 с.
6. Труды четвертой Российской национальной конференции по теплообмену: в 8 томах. Т. 3. Свободная конвекции. Тепломассообмен при химических превращениях. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 358 с.
7. Труды четвертой Российской национальной конференции по теплообмену: в 8 томах. Т. 4. Кипение. Кризисы кипения, закризисный теплообмен. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 242 с.
8. Труды четвертой Российской национальной конференции по теплообмену: в 8 томах. Т. 5. Испарение, конденсация, двухфазные течения. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 338 с.

- 9.Труды четвертой Российской национальной конференции по теплообмену: в 8 томах. Т. 3. Свободная конвекции. Тепломассообмен при химических превращениях. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 334 с.
- 10.Труды четвертой Российской национальной конференции по теплообмену: в 8 томах. Т. 4. Кипение. Кризисы кипения, закризисный теплообмен. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 258 с.
- 11.Энергосбережение. Теория и практика / Труды пятой международной школы-семинара молодых ученых и специалистов. – М.: Издательский дом МЭИ. 2010. – 430 с.