

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

2015 г.



Программа аспирантуры

Направление 03.06.01 Физика и астрономия

Направленность (специальность) 01.04.14 Теплофизика и теоретическая
теплотехника

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины по выбору

«Процессы теплообмена при фазовых превращениях»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.2.1

Всего: 108 часов

Семестр 3, в том числе

6 часов – контактная работа,
84 часа – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, утвержденного приказом Минобрнауки России от 30.07 2014 г. № 867 и паспорта специальности 01.04.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника, номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является изучение процессов тепломассопереноса при фазовых превращениях и практическое освоение современных методов анализа и расчета этих процессов.

Задачами дисциплины являются:

- обучение пониманию и знанию основных закономерностей процессов тепломассопереноса при фазовых превращениях;
- освоение методов расчета различных видов теплообмена при фазовых превращениях на основе научно обоснованных соотношений и определять температурный режим работы элементов современных теплообменных устройств.

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

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- готовность к обоснованному выбору предмета самостоятельных научных исследований в области теплофизики и теоретической теплотехники (ПК-1);

– готовность решать задачи аналитического характера в области теплофизики и теоретической теплотехники, предполагающие выбор и многообразие актуальных способов их решения (ПК-2);

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

– физические механизмы тепломассопереноса при фазовых превращениях и методы расчета соответствующих процессов (ПК-1);

уметь:

– самостоятельно выбирать адекватную задаче методику расчета типовых процессов теплообмена при фазовых превращениях и определять температурный режим работы элементов теплообменных устройств (УК-1);

– самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области исследования процессов тепломассопереноса при фазовых превращениях с использованием современных методов (ОПК-1);

владеть:

– навыками теплофизического анализа и расчета тепломассопереноса при фазовых превращениях в современных и перспективных энергетических установках (ПК-2).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Основы механики двухфазных систем.

Математическое описание и модели двухфазных систем. Универсальные и специальные условия совместности для процессов тепломассообмена. Неравновесность на межфазных границах; квазиравновесное приближение.

Количественные характеристики двухфазных потоков и режимы течения в вертикальных, горизонтальных и наклонных каналах. Определение границ режимов течения. Гидравлическое сопротивление двухфазных

потоков квазигомогенной структуры. Кольцевые двухфазные течения. Эмпирические методы расчета двухфазных потоков.

2. Теплообмен при конденсации пара.

Пленочная и капельная конденсация. Теплообмен при ламинарной пленочной конденсации пара на вертикальной плоскости и на поверхности горизонтального цилиндра. Теплообмен при конденсации в условиях турбулентного течения пленки. Конденсация пара на пучках труб. Теплообмен и гидравлическое сопротивление при конденсации пара в гладких трубах. Тепло- и массообмен при конденсации пара из парогазовой смеси в элементах энергетических установок.

3. Теплообмен при кипении жидкостей.

Условия зарождения парового зародыша в объеме перегретой жидкости и на твердой поверхности нагрева. Основные закономерности роста и отрыва паровых пузырьков на твердой поверхности. “Кривая кипения”. Расчет теплообмена при пузырьковом кипении жидкости в большом объеме. Теплообмен при пленочном и переходном кипении. Кризисы кипения в большом объеме. Особенности теплообмена при кипении смесей.

Двухфазные течения в обогреваемых каналах. Изменение структуры потока, среднemasсовой температуры жидкости, температуры стенки и расходного массового паросодержания по длине обогреваемого канала. Теплообмен и гидравлическое сопротивление при кипении жидкости в условиях ее вынужденного движения в трубах. Кризис теплоотдачи при кипении в трубах.

4. Интенсификация процессов тепло- и массообмена при конденсации и кипении.

Методы интенсификации теплообмена при конденсации пара и парогазовой смеси. Конденсация пара на оребренных трубах: механизм интенсификации теплообмена, расчет коэффициентов теплоотдачи.

Теплообмен при капельной и псевдокапельной конденсации. Теплообмен и гидравлическое сопротивление при конденсации движущегося пара в оребренных трубах. Методы интенсификации теплообмена при кипении жидкости в большом объеме и в условиях вынужденного движения в трубах.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

Вопросы для самоконтроля и для проведения зачета

1. Математическое описание и модели двухфазных систем.
2. Универсальные и специальные условия совместности для процессов тепломассообмена.
3. Неравновесность на межфазных границах; квазиравновесное приближение.
4. Количественные характеристики двухфазных потоков.
5. Режимы течения в вертикальных, горизонтальных и наклонных каналах. Определение границ режимов течения.
6. Гидравлическое сопротивление двухфазных потоков квазигомогенной структуры.
7. Кольцевые двухфазные течения.
8. Эмпирические методы расчета двухфазных потоков.
9. Пленочная и капельная конденсация.
10. Теплообмен при ламинарной пленочной конденсации пара на вертикальной плоскости.
11. Теплообмен при ламинарной пленочной конденсации пара на поверхности горизонтального цилиндра.
12. Теплообмен при конденсации в условиях турбулентного течения пленки.
13. Конденсация пара на пучках труб.
14. Теплообмен и гидравлическое сопротивление при конденсации пара в гладких трубах.
14. Тепло- и массообмен при конденсации пара из парогазовой смеси в элементах энергетических установок.
15. Условия зарождения парового зародыша в объеме перегретой жидкости и на твердой поверхности нагрева.

16. Основные закономерности роста и отрыва паровых пузырьков на твердой поверхности.

17. “Кривая кипения”.

18. Расчет теплообмена при пузырьковом кипении жидкости в большом объеме.

19. Теплообмен при пленочном и переходном кипении.

20. Кризисы кипения в большом объеме.

21. Особенности теплообмена при кипении смесей.

22. Двухфазные течения в обогреваемых каналах. Изменение структуры потока, среднемассовой температуры жидкости, температуры стенки и расходного массового паросодержания по длине обогреваемого канала.

23. Теплообмен и гидравлическое сопротивление при кипении жидкости в условиях ее вынужденного движения в трубах.

24. Кризис теплоотдачи при кипении в трубах.

25. Методы интенсификации теплообмена при конденсации пара и парогазовой смеси.

26. Конденсация пара на оребренных трубах: механизм интенсификации теплообмена, расчет коэффициентов теплоотдачи.

27. Теплообмен при капельной и псевдокапельной конденсации.

28. Теплообмен и гидравлическое сопротивление при конденсации движущегося пара в оребренных трубах.

29. Методы интенсификации теплообмена при кипении жидкости в большом объеме и в условиях вынужденного движения в трубах.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Теплообмен в однофазных средах и при фазовых превращениях : учебное пособие для вузов по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / В. В. Ягов . – М. : Изд. дом МЭИ, 2014 . – 542 с. - ISBN 978-5-383-00854-6.
2. Тепломассообмен : учебник для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев . – М. : Изд. дом МЭИ, 2011 . – 562 с. - ISBN 978-5-383-00563-7.
3. Задачник по тепломассообмену : учебное пособие для вузов по направлению 140100 "Теплоэнергетика" / Ф. Ф. Цветков, Р. В. Керимов, В. И. Величко . – 3-е изд., стер . – М. : Изд. дом МЭИ, 2010 . – 196 с. - ISBN 978-5-383-00468-5 .
4. Кн.2: Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент / А. А. Александров, и др. ; Общ. ред. А. В. Клименко, В. М. Зорин . – 2007 . – 564 с. - ISBN 978-5-383-00017-5 .
5. Введение в механику жидкости : учебное пособие для вузов по направлениям "Техническая физика", "Теплоэнергетика" / Е. П. Валуева, В. Г. Свиридов . – 2-е изд., перераб . – М. : Изд. дом МЭИ, 2007 . – 212 с. - ISBN 978-5-383-00109-7 .
6. Механика двухфазных систем : учебное пособие для вузов по направлению "Техническая физика" / Д. А. Лабунцов, В. В. Ягов . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Изд. дом МЭИ, 2007 . – 384 с. - ISBN 978-5-383-00036-6 .
7. Физические основы и промышленное применение интенсификации теплообмена. Интенсификация теплообмена / И. А. Попов, Х. М. Махьянов, В. М. Гуреев, М-во образования и науки Рос. Федерации, Казан. гос. техн. ун-т им. А.Н. Туполева, Упр. компания "КЭР-Холдинг" ; Общ. ред. Ю. Ф. Гортышов . – Казань : Центр инновационных технологий, 2009 . – 560 с. - ISBN 978-5-93962-383-4.

Дополнительная литература:

8. Дзюбенко Б.В., Кузма-Кичта Ю.А., Леонтьев А.И., Федик И.И., Холпанов Л.П. Интенсификация тепло- и массообмена на макро-, микро- и наномасштабах. М.: ФГПУ «ЦНИИАТОМИНФОРМ», 2008. 532с. ISBN 5-87911-166-0.
9. Теплофизические свойства материалов ядерной техники : учебное справочное пособие для специальностей: 14.03.05 - Ядерные реакторы и энергетические установки, 14.04.04 - Атомные электрические станции и установки / П. Л. Кириллов, М. И. Терентьева, Н. Б. Денискина . – 2-е изд., испр. и доп . – М. : ИздАТ, 2007 . – 200 с. - ISBN 978-5-86656-207-7 .
10. Тепломассообмен в ядерных энергетических установках : учебное пособие для вузов по специальности "Атомные электрические станции и установки" / П. Л. Кириллов, Г. П. Богословская . – 2-е изд., перераб . – М. : Энергоатомиздат, 2008 . – 256 с. - ISBN 978-5-86656-210-7 .
11. Теплообмен в ядерных энергетических установках : учебное пособие для вузов по специальностям "Теплофизика" и "Атомные электрические станции и установки" направления "Техническая физика" / Б. С. Петухов, Л. Г. Генин, С. А. Ковалев, и др. . – 3-е изд., перераб. и доп . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 548 с. - ISBN 5-7046-0843-4 .

ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

1. Реферативные базы данных научного цитирования SCOPUS (<http://www.scopus.com>), WEB OF SCIENCE (<http://webofknowledge.com>), РИНЦ (<http://elibrary.ru>).