

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

 Драгунов В.К.

«16»  2015 г.



Программа аспирантуры

Направление 13.06.01 Электро- и теплотехника

Направленность (специальность) 05.04.03 Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники, систем кондиционирования и жизнеобеспечения

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины по выбору

«Теплофизические процессы в криосистемах»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.4.1

Всего 108 часов;

Семестр 7, в том числе

6 часов – контактная работа,
84 часа – 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 05.04.03 «Машины и аппараты, процессы холодильной и криогенной техники, систем кондиционирования и жизнеобеспечения», утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является изучение особенностей процессов тепломассопереноса при течении парожидкостных потоков в каналах.

Задачами дисциплины являются:

- ознакомление с особенностями процессов тепломассопереноса в двухфазных системах;
- изучение методов и подходов механики сплошных сред на примере решения задач гидростатики простых газожидкостных структур;
- изучение подходов к расчету течения в каналах адиабатных и неадиабатных двухфазных потоков, расчет паросодержания.

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 планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6);
- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-5);
- готовность осуществлять комплексные исследования общих свойств и принципов функционирования машин и аппаратов холодильной и криогенной техники (ПК-1);
- способность развивать методы натурного и вычислительного моделирования процессов и объектов холодильной и криогенной техники, систем кондиционирования и жизнеобеспечения с целью поиска

оптимальных решений по экономичности, надежности и ресурсу низкотемпературных установок, машин и аппаратов (ПК-3);

- готовность развивать и реализовывать энергосберегающие технологии при создании машин и аппаратов холодильной и криогенной техники, систем кондиционирования и жизнеобеспечения (ПК-4).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен продемонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- методы расчета паросодержания неадиабатных двухфазных потоков при течении в каналах (УК-1);

- методы экспериментальных и теоретических исследований процессов теплообмена в каналах при течении криогенных жидкостей при ограничениях, вводимых конструкцией и средой эксплуатации машин и аппаратов холодильной и криогенной техники (ОПК-2);

- принципы работы систем кондиционирования и жизнеобеспечения (ПК-4);

- методы моделирования низкотемпературных теплогидравлических процессов в конкретных технических системах и математическими моделями элементов, работающих на различных физических принципах (ПК-1);

уметь:

- разрабатывать научно-методические основы создания систем установок и агрегатов и рабочих тел с планируемыми свойствами (УК-1);

- определять режимы течения парожидкостных потоков в каналах и рассчитывать соответствующие характеристики теплообмена (ПК-1);

- рассчитывать процессы теплообмена при течении двухфазных потоков в каналах (ПК-3);

- разрабатывать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований (УК-6, ПК-4)

владеть:

- решением основных задач гидромеханики двухфазных систем в зависимости от режимных параметров (ОПК-5);

- расчетно-теоретическими и экспериментальными методами исследования теплогидравлических процессов при течении криогенных жидкостей в каналах (ПК-3).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Основы механики двухфазных систем

Общая формулировка законов сохранения. Интегральная и дифференциальная формы. Законы сохранения массы, импульса, энергии для чистых веществ и бинарных смесей. Взаимодействие на границе раздела фаз: скорость движения границы раздела фаз, универсальные и специальные условия совместности.

2. Механика простых газожидкостных структур

Установившиеся движения дискретных частиц в жидкости. Особенности анализа простых газожидкостных структур, математическое описание. Предельные случаи при больших и малых числах Рейнольдса.

Потенциальное течение жидкости. Уравнение Лапласа для идеальной несжимаемой жидкости. Потенциал скоростей для обтекания сферы идеальной жидкостью. Парадокс Даламбера. Обтекание сферы вязкой жидкостью при малых числах Рейнольдса. Формула Стокса.

Неустановившееся движение газовой полости в жидкости. Уравнение Рэлея для расширяющейся газовой полости, его динамическая и энергетическая формы. Закономерности роста паровых пузырьков в объеме перегретой жидкости, анализ предельных схем.

3. Двухфазные адиабатные потоки в каналах

Режимы течения двухфазных потоков. Кинематические модели для пузырькового, снарядного и эмульсионного режимов течения. Расчет истинного объемного паросодержания. Уравнение движения одномерного двухфазного потока. Анализ составляющих гидравлического сопротивления.

Эмпирические методы расчета гидравлического сопротивления двухфазных потоков. Особенности дисперсно-кольцевого режима течения. Уравнение движения для вертикального кольцевого режима. Расчет толщины пленки. Качественные закономерности кольцевых течений в горизонтальных каналах. Гидравлическая неустойчивость при движении газожидкостных потоков в одиночном канале и в системе параллельных каналов.

4. Неадиабатные двухфазные потоки в каналах

Изменение паросодержания и смена режимов течения по длине обогреваемых каналов. Балансовое и действительное паросодержание в неравновесных потоках. Уравнение энергии для равновесного потока. Влияние изменения паросодержания на гидравлическое сопротивление. Кризис кипения в каналах. Особенности гидродинамики и теплообмена при захолаживании трубопроводов потоком криогенной жидкости.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

Вопросы для самоконтроля и для проведения зачета

1. Сформулируйте систему уравнений сохранения в дифференциальной или интегральной форме с соответствующими условиями совместности на границе раздела фаз.
2. В каких случаях применяются универсальные и специальные условия совместности?
3. Сформулируйте уравнения Лапласа.
4. Сопротивление жидкости при движении в ней дискретной частицы.
5. Вывод уравнения Рэлея для сферического газового пузырька и для цилиндрической паровой пленки на нагревателе.
6. Поле давлений в окрестности расширяющейся (схлопывающейся) газовой полости.
7. Каковы основные параметры двухфазных потоков?
8. Назовите основные режимы движения двухфазной смеси в канале.
9. Вывод формулы Стокса. Приведите практический пример процесса, в котором применима эта формула.
10. Какие предельные случаи роста парового пузырька в перегретой жидкости можно рассмотреть?
11. Как меняется по длине основные параметры двухфазного потока?
12. В чем состоит особенность кипения недогретой жидкости в канале?
13. Расчет теплообмена при вынужденном течении парожидкостной смеси.
14. Как меняется коэффициент при переходе в закризисную область?
15. Приведите основные схемы механизмов кризиса теплообмена в парогенерирующем канале.
16. Назовите основные особенности наступления кризиса в потоке сильно недогретой жидкости, в потоке со слабым недогревом или в пузырьковом режиме течения, в дисперсно-кольцевом потоке, в дисперсном режиме потока.
17. Чем определяется положение кризиса в змеевиковых трубах?
18. Назовите основные методы интенсификации теплообмена.

19. Назовите последовательные стадии процесса захолаживания и заполнения трубопроводов криогенной жидкостью.

20. Какие опасности могут возникнуть при захолаживании криогенного трубопровода?

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

Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Лабунцов Д.А., Ягов В.В. Механика двухфазных систем. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007.
2. Теплообмен в ядерных энергетических установках / Кириллов П. Л., Богословская Г. П. – М.: Энергоатомиздат, 2008 – 256 с.
3. Гидродинамические расчеты: справочник: / Кириллов П. Л., Юрьев Ю. С. – М.: ИздАТ, 2009. – 216 с.

Дополнительная литература

4. Течения и теплообмен в каналах и вращающихся полостях / К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. – М.: Физматлит, 2010 . – 488 с.
5. Кризис теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкостей в каналах / Захаров С. В., Павлов Ю. М. – М.: Изд-во МЭИ, 2005. – 48 с.
6. Расчет и интенсификация теплообмена в промышленных теплообменниках / Ефимов А. Л., Бережная О. К., Данилина А. В. – М.: Изд-во МЭИ, 2005. – 64 с.
7. Федоров В.А., Мильман О.О. Конденсаторы паротурбинных установок. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. 560 с.