

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины по выбору

«Тепломассообменные аппараты криогенной техники»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.3.1

Всего 72 часа

Семестр 5, в том числе

6 часов – контактная работа,
48 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 методов теплового и гидравлического расчета тепломассообменных аппаратов различных типов, применяемых в криогенной технике.

Задачами дисциплины являются:

- ознакомление с основными видами тепломассообменных аппаратов, используемых в низкотемпературной технике;
- изучение методов теплового и гидравлического расчета тепломассообменных аппаратов различных типов;
- применению этих методов при проектировании теплообменного оборудования в инженерной практике.

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

- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6);
- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);
- готовность организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4);
- способность проводить исследования по процессам тепломассопереноса в теплообменных аппаратах различного назначения при течении криогенных жидкостей, при ограничениях, вводимых конструкцией и средой эксплуатации машин и аппаратов холодильной и криогенной техники (ПК-1);

- способность владеть методами моделирования низкотемпературных теплогидравлических процессов в конкретных технических системах и математическими моделями элементов, работающих на различных физических принципах (ПК-4);

- готовность создавать автоматизированные базы данных по важнейшим элементам низкотемпературных систем для целей оптимального проектирования (ПК-5).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен демонстрировать **следующие результаты образования:**

знать:

- современные подходы к анализу и расчету тепломассообменных аппаратов криогенной техники, (УК-3);

- основные источники научно-технической информации о тепломассообменных аппаратах и источники справочных данных, необходимых для расчета количественных характеристик этих процессов (ОПК-4);

- особенности определения свойств теплоносителей и конструкционных материалов низкотемпературной техники при расчете теплообменных аппаратов (ПК-1);

- методы расчета теплообменных аппаратов различных типов, особенности расчета при течении криогенных теплоносителей (ПК-5);

уметь:

- использовать полученные знания о теплообменном оборудовании для проектирования и эксплуатации новых установок низкотемпературной техники узкоспециализированного назначения (УК-6);

- выбирать из типоразмерного оборудования, предложенного производителями, теплообменников в соответствии с требованиями эксперимента или технологического процесса захлаживания, криостатирования, разделения, ожижения и других процессов криогенной техники (ОПК-3);

- выполнять тепловой и гидравлический расчет теплообменных аппаратов различных типов на основе существующих методик (ПК-1);

- использовать полученные знания о теплообменном оборудовании для проектирования и эксплуатации установок низкотемпературной техники (ПК-4).

владеть:

- методами разработки новых технологических процессов разделения, очистки и получения сжиженных и сжатых промышленных и сверхчистых газов с использованием теплообменного оборудования (ОПК-3);
- расчетно-теоретическими и экспериментальными методами исследования теплогидравлических процессов при течении криогенных жидкостей в теплообменниках различного назначения (парогенераторы, рекуператоры, регенераторы) (ПК-4).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. *Свойства теплоносителей и конструкционных материалов*

Теплоносители, используемые в низкотемпературных установках. Определение теплофизических свойств газообразных и жидких теплоносителей. Влажный воздух и его свойства, $h - x$ диаграмма влажного воздуха. Конструкционные материалы, применяемые в низкотемпературной технике, их теплофизические, механические и технологические свойства.

2. *Основы расчета теплообменных аппаратов*

Особенности расчета коэффициента теплоотдачи и гидравлического сопротивления в теплообменных аппаратах низкотемпературной техники. Определение коэффициента теплопередачи при сложной геометрии поверхности теплообмена. Определение среднего температурного напора в теплообменных аппаратах, в том числе при переменных свойствах теплоносителей. Расчет гидравлического сопротивления теплообменных аппаратов. Показатели качества теплообменных аппаратов. Расчет теплообменных аппаратов с использованием связи между числом единиц переноса и эффективностью.

3. *Рекуперативные теплообменные аппараты*

Принцип действия рекуператоров, их преимущества и недостатки по сравнению с другими типами теплообменных аппаратов. Назначение, конструктивные особенности, сравнительные характеристики, методика теплового и гидравлического расчета, особенности расчета теплоотдачи и гидравлического сопротивления для рекуперативных теплообменников следующих типов: 1) змеевиковые; 2) прямотрубные; 3) витые поперечно-точные; 4) пластинчато-ребристые; 5) матричные.

4. *Регенеративные теплообменные аппараты*

Принцип действия регенераторов. Использование регенераторов в криогенных газовых машинах и воздухоразделительных установках. Конструктивные особенности регенераторов различных типов. Температурный режим работы регенераторов. Методика теплового и

гидравлического расчета регенераторов, особенности расчета теплоотдачи и гидравлического сопротивления. Очистка воздуха от примесей в регенераторах воздухоразделительных установок.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

Вопросы для самоконтроля и для проведения зачета

1. Каким образом определяются свойства газообразных и жидких криогенных теплоносителей при низких температурах, при больших перепадах температур на концах теплообменника.
2. Назовите основные технические материалы, применяемые в криогенной технике.
3. В чем особенность изменения свойств конструкционных материалов при эксплуатации в криогенной области температур?
4. Применение h -х диаграммы влажного воздуха.
5. Приведите основные способы классификации теплообменников.
6. Сравните прямоточную схему течения с противоточной.
7. Зачем вводится поправочный коэффициент к температурному напору?
8. Как определяется коэффициент теплопередачи при сложной геометрии теплообмена?
9. Как определяется средний температурный напор в теплообменных аппаратах при переменных свойствах теплоносителей?
10. Что такое число единиц переноса?
11. Связь между гидравлическим и тепловым расчетом теплообменных аппаратов.
12. В чем особенность расчета теплоотдачи и гидравлического сопротивления для рекуперативных теплообменников различной конструкции: 1) змеевиковые; 2) прямотрубные; 3) витые поперечно-точные; 4) пластинчато-ребристые; 5) матричные?
13. Как используются регенераторы в криогенных газовых машинах и воздухоразделительных установках?
14. Назовите основные этапы расчета регенераторов.
15. Каким образом осуществляется очистка воздуха от примесей в регенераторах воздухоразделительных установок?

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

Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Григорьев В.А., Крохин Ю.И. Тепло- и массообменные аппараты низкотемпературных установок. М.: Энергоиздат, 1982. 312 с.
2. Красникова О.К. Витые теплообменные аппараты криогенных и теплоэнергетических установок. М.: КолосС, 2008. 176 с.
3. Расчет и интенсификация теплообмена в промышленных теплообменниках / Ефимов А. Л., Бережная О. К., Данилина А. В. – М.: Изд-во МЭИ, 2005. – 64 с.

Дополнительная литература

4. Бродов Ю.М. и др. Теплообменники энергетических установок. Екатеринбург, издательство «Сократ», 2003. 966 с.
5. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М.: Старс, 2006. 708 с.
6. Теплотехника / Под общей редакцией А.М. Архарова, В.Н. Афанасьева. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 792 с.