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

«Вакуумная техника»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.3.2

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 и подходов к созданию и использованию вакуумных систем в различных установках, приобретение навыков выполнения на этой основе соответствующих инженерных расчетов.

Задачами дисциплины являются:

- изучение основных положений вакуумной техники;
- ознакомление с существующими видами вакуумных насосов и их характеристиками;
- освоение методик расчета вакуумных систем;
- изучение вопросов применения вакуумных систем для решения различных задач в криогенной технике.

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

- способность следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).
- владение культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-5).
- владение принципами расчета различных устройств и оборудования вакуумной техники (ПК-2);
- готовность разрабатывать системы вакуумирования широкого назначения (ПК-1, ПК-5).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

знать:

- историю развития криоваккумной техники (УК-5);
- способы оценки погрешностей в эксперименте (ОПК-2);
- расчетно-теоретические и экспериментальные методики исследования процессов вакуумирования, в том числе при криотемпературах (ПК-1);
- основы теории и принципы построения и расчета вакуумных систем различного назначения, в том числе в криогенной технике (ПК-2).

уметь:

- описывать полученные в процессе исследований аналитические и экспериментальные данные (УК-6);
- выбирать технологическую схему вакуумирования при ограничениях, вводимых конструкцией и средой эксплуатации машин и аппаратов холодильной и криогенной техники (ПК-1);
- рассчитывать и анализировать результаты расчетов вакуумных систем (ПК-5);

владеть:

- способами представления информации для широкой аудитории: схемы вакуумных установок, методы откачки, назначение технологических линий, приборов, методики расчета процессов вакуумирования, особенности работы при низких температурах. (ОПК-5);
- расчетно-теоретическими и экспериментальными методами исследования методами расчета вакуумных систем различного назначения (ПК-2).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Основные понятия вакуумной техники

История развития вакуумной техники. Области применения вакуумной техники. Основные понятия вакуумной техники. Понятие вакуума. Единицы измерения давления в вакуумной технике. Состав сухого атмосферного воздуха. Скорость движения молекул газа. Число молекул газа, ударяющихся о единичную поверхность стенки сосуда в единицу времени. Средняя длина пробега. Основные характеристики вакуумных насосов. Основное уравнение

вакуумной техники. Режимы течения газа. Расчет проводимости в молекулярном и вязкостном режимах

2. Виды насосов для получения вакуума

Техника получения вакуума традиционными методами. Механические насосы: поршневые, ротационные, двухроторные. Газоперемещающие насосы. Молекулярные насосы. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Принцип работы.

Распыляемые геттеры. Механизм откачки. Испарительные насосы. Электродуговые геттерные насосы. Ионно-геттерные насосы. Магнитные электроразрядные насосы. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Принцип работы.

Нераспыляемые геттеры. Низкотемпературные геттеры. Температура активации. Конструктивные исполнения. Преимущества и недостатки. Области применения.

3. Адсорбция и получение вакуума

Адсорбционные насосы. Принцип действия. Сорбент. Скорость адсорбции и десорбции. Адсорбционная емкость. Полное число молекул. которые могут быть поглощены поверхностью единичной площади. Изотерма сорбции. Определение теплоты адсорбции. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Удельная поверхность. Емкость монослоя.

Традиционные адсорбенты. Активные угли. Цеолиты. Силикагели. Их основные характеристики. Конструктивное исполнение адсорбционных насосов. Преимущества и недостатки.

4. Основы криовакуумной техники

Криовакуумная техника. Крионасос. Классификация крионасосов. Принципы работы. Десублимация и адсорбция.

Требования, предъявляемые к идеальному насосу. Коэффициенты прилипания и конденсации.

5. Основы методики расчета вакуумных систем

Форвакуумные крионасосы. Методика расчета, принципиальные схемы и особенности конструкции. Определение времени откачки до заданного давления. Зависимость быстроты действия от давления.

Газодинамические установки. Общие принципы устройства. Особенности расчета криовакуумной системы. Конструктивное исполнение.

Криосорбционные средства вакуумной откачки. Газовые криосорбенты. Их преимущества перед традиционными сорбентами. Зависимость сорбционной емкости от условий формирования криослоя (род газа, толщина слоя, температура слоя, температура откачиваемого газа. Криозахват. Конструктивное исполнение.

6. *Приборы для измерения низкого давления*

Средства измерения давления ниже атмосферного и течеискатели. Специфика измерения давления при низких температурах. Эффект Кнудсена.

Манометр чашечный ртутный. Трубка Бурдона. Термопарный преобразователь давления. Ионизационный преобразователь давления. Преобразователь Байярда-Альперта. Течеискатели.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 4 семестр – дифференцированный зачет, презентация реферата.

Вопросы для самоконтроля и для проведения зачета

1. На каких принципах основано действие вакуумных насосов?
2. Классификация вакуумных насосов по принципу действия и назначению.
3. Методы расчета вакуумных систем.
4. Принципы описания взаимодействия молекул газа с поверхностью.
5. Каковы физические основы молекулярной откачки?
6. Каковы две принципиальные схемы молекулярной откачки?
7. Чем объяснить избирательность молекулярных насосов при откачке газов с различной молярной массой?
8. Надо ли устанавливать высоковакуумную ловушку на входе в молекулярный насос?
9. В чем особенности использования адсорбционных насосов с разными адсорбентами?
10. Объясните механизмы откачки геттерно-ионных насосов.
11. Какого предельного давления можно достичь при откачке воздуха геттерным насосом?
12. Каков механизм откачки инертных газов в геттерно-ионнных насосах?
13. Какова зависимость удельной быстроты действия крионасоса от толщины криослоя?
14. Каковы оптимальные параметры формирования криослоя газового конденсата?
15. В чем заключается механизм криозахвата?
16. Перечислите способы охлаждения теплозащитных экранов.
17. Назовите приборы для измерения давления ниже атмосферного.

18. В чем особенность измерения давления при низких температурах?

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

Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Комов А.Т. Криовакуумные и сверхпроводящие системы термоядерных реакторов и установок / Комов А. Т. – М.: Изд. дом МЭИ, 2008. – 304 с.

2. Розанов Л. Н. Вакуумная техника. Высшая школа, 1990, 320с.

3. Низкотемпературные системы откачки / Нестеров С. Б., Андросов А. В., Васильев Ю. К. – М.: Изд. дом МЭИ, 2007. – 80 с.

Дополнительная литература

4. Введение в физику поверхности / К. Оура, В.Г Лифшиц, А.А. Саранин, А.В. Зотов, М. Катаяма. М.: Наука , 2006, 490с.

5. Крюков А.П., Шишкова И.Н. Введение в изучение явлений на поверхности конденсированных сред. Учебное пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2009.

6. Крюков А.П. Процессы переноса в существенно неравновесных системах. М.: МЭИ, 2013.

7. Справочник по вакуумной технике и технологиям. Под ред. Д.Хоффман, Б.Сингха, Дж.Томаса III. Перевод с английского Ю.Л.Цвирко под ред. В.А. Романько, С.Б. Нестерова. М.: ТЕХНОСФЕРА. 2011. 736с.