

ПРОГРАММА
вступительного испытания в магистратуру
по направлению 16.04.03 – Холодильная, криогенная техника и системы
жизнеобеспечения

1. Теоретические основы холодильной техники

Общие принципы получения низких температур, превращение энергии в процессах достижения низких температур. Законы термодинамики и их применение к низкотемпературным системам. Идеальный и реальный газы. Виды уравнений состояния. Термодинамические и теплофизические свойства газов и их смесей. Тепловые диаграммы и таблицы термодинамических свойств. Анализ процессов с помощью тепловых диаграмм. Свойства влажного воздуха. Влагосодержание, относительная и абсолютная влажность. Процессы получения низких температур в термомеханических системах: дросселирование, изоэнтропное расширение, выхлоп, расширение газа в вихревой трубе. Процессы получения низких температур с рабочими веществами в твердом состоянии: термоэлектрическое охлаждение, адиабатное размагничивание, десорбционное охлаждение. Энергетические характеристики охлаждающих систем (удельная холодопроизводительность, коэффициент ожижения, удельная работа, холодильный коэффициент, коэффициент удельных затрат мощности). Степень термодинамического совершенства реальных систем. Кинетические коэффициенты – теплопроводность, вязкость, диффузия. Методы определения этих величин, характер изменения их при низких температурах.

2 Научные основы криологии

Основные этапы развития мировой и отечественной криогенной техники. Рабочие тела криогенных систем и их свойства. Классические и реальные циклы. Циклы Линде, Клода, Гейландта, Капицы, Клименко, Лондона, Брайтона, Стирлинга, Гиффорда—МакМагона) для охлаждения, термостатирования и ожижения газов. Циклы с дросселированием. Детандерные циклы. Комбинированные циклы с дросселированием и расширением в детандере. Многоступенчатые циклы. Типовые ступени охлаждения. Холодопроизводящие процессы в циклах. Холодопроизводительность произвольного цикла. Виды потерь при определенной холодопроизводительности. Полезная холодопроизводительность. Методология расчета циклов. Установки для разделения воздуха и других газовых смесей. Типы и схемы установок, особенности их расчета. Пути совершенствования. Очистка газов, получение редких газов (Kr, Xe, Ne, He). Поршневые детандеры, принцип действия, идеальная и действительная индикаторные диаграммы, расчетная модель действительного цикла. Основные виды потерь холодопроизводительности. Конструкции

поршневых детандеров, пути их совершенствования. Принципы действия турбодетандеров. Основные понятия, схемы и типы турбодетандеров. Основные энергетические соотношения для турбо-детандера и его элементов. Область применения турбодетандеров, перспективные направления в их развитии и совершенствовании. Особенности процессов теплопередачи при низких температурах. Расчетные зависимости для определения коэффициентов теплоотдачи при теплопередаче конвекцией, при кипении и конденсации. Рекуперативные теплообменники. Классификация и конструктивные схемы (трубчатые, пластинчато-ребристые, матричные). Сравнительные характеристики теплообменников. Методы теплового и гидравлического расчета теплообменников, пути их совершенствования. Регенераторы. Виды насадок и особенности рабочего процесса. Основы расчета. Условия незабываемости регенераторов. Схемы, устройство и принцип работы ректификационных колонн. Колонны с регулярными насадками. Расчет процесса разделения бинарной смеси. Пути совершенствования ректификационных колонн. Физические основы процессов сорбции. Адсорбенты, их виды и свойства. Сорбционные методы очистки и разделения газовых смесей, методы расчета. Виды тепловой изоляции. Физическая картина переноса тепла в изоляции. Основные характеристики и области применения различных видов тепловой изоляции. Удельные потоки теплоты через изоляцию.

4 Системы автоматизированного проектирования

Виды обеспечения САПР, системы вычислительной техники и информатики; общая характеристика процессов сбора, передачи обработки и накопления информации; технические и программные средства реализации информационных процессов; модели решения функциональных и вычислительных задач; алгоритмизация и программирование; языки программирования высокого уровня; базы данных; программное обеспечение и технология программирования; компьютерная графика; локальные и глобальные сети ЭВМ и их использование в решении прикладных задач обработки данных. Инструментальная база САПР. Основные этапы и цикл комплексного проектирования. САПР технологического и холодильного оборудования.

5 Термодинамика

Первый закон термодинамики - форма закона сохранения и превращения энергии в применении к термодинамической системе. Выражение изменения внутренней энергии замкнутой системы через количества теплоты и работы. Истинная и средняя, удельная, мольная и объемная теплоемкости открытой системы. Энтальпия. Термический коэффициент полезного действия прямого цикла. Цикл Карно и теорема Карно. Обратные термодинамические циклы холодильных машин и тепловых насосов. Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые термодинамические процессы. Второе начало термодинамики для квазистатических (обратимых) процессов. Интеграл

Клаузиуса. Энтропия - тепловая координата состояния. Второе начало термодинамики для нестатических (необратимых) процессов - принцип возрастания энтропии для неравновесной изолированной термодинамической системы. Характеристические функции и дифференциальные уравнения термодинамики. Дифференциальные уравнения для внутренней энергии, энтальпии и т.д. в измеряемых независимых. Термодинамическое равновесие неоднородных систем и фазовые превращения чистых веществ. Фазовая диаграмма температура-давление для однокомпонентной системы. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Тройные точки. Понятие о фазовых переходах первого и второго рода в уравнениях Эренфеста. Рабочие тела энергетических машин и термодинамические процессы. Реальные газы. Отличия реальных газов от идеальных: изменение сжимаемости, возможность фазовых переходов, сложность уравнений состояний. Уравнение Ван Дер Ваальса: метастабильные и неустойчивые состояния, критическая точка. Применение процессов дросселирования для регулирования проточных машин и для получения низких температур. Принцип работы и индикаторная диаграмма одноступенчатого идеального компрессора. Цикл газотурбинной установки с подводом теплоты при постоянном давлении. Циклы реактивных и ракетных двигателей. Паровой цикл Ренкина. Влияние повышения давления, температуры перегрева пара, регенерации, бинарный цикл. Применение паросиловых циклов в ядерной энергетике. Возможности преобразования теплоты в электрическую работу в устройствах безмашинного типа. Понятие о принципах действия магнито-гидродинамического генератора, химического элемента термоэлектрического генератора, термоэмиссионного генератора.

6 Детали машин и основы конструирования

Классификация механизмов, узлов и деталей. Основы проектирования механизмов, стадии разработки. Требования к деталям, критерии работоспособности и влияющие на них факторы. Механические передачи: зубчатые, червячные, планетарные, волновые, рычажные, фрикционные передачи и вариаторы, ременные, цепные, передачи винт-гайка. Расчеты передач на прочность. Валы и оси, конструкция и расчеты на прочность и жесткость. Подшипники качения и скольжения, выбор и расчеты на прочность. Уплотнительные устройства. Конструкции подшипниковых узлов. Соединения деталей: резьбовые, заклепочные, сварные, паянные, клеевые, с натягом, шпоночные, зубчатые, штифтовые, клеммовые, профильные. Конструкции и расчет соединений на прочность. Упругие элементы. Муфты механических приводов. Корпусные детали механизмов. Основы конструкции и расчета деталей машин. Соединения листов и корпусных деталей. Направляющие смазочные устройства.

7 Электротехника

Основные законы электрических и магнитных цепей; назначение, классификацию и устройство энергетических машин и установок; технологии централизованного и комбинированного производства электроэнергии и тепла; методика расчета и исследования электрических цепей постоянного и переменного тока; анализа и расчета магнитных цепей, электрических устройств электроники и импульсной техники.

8 Холодильные машины и холодильные установки

Основные этапы в истории развития мировой и отечественной холодильной техники. Способы получения умеренно низких температур (до 120 К). Типы холодильных установок (парокомпрессионные, парозежекторные, газовые, абсорбционные, термоэлектрические и др.), принципы их действия. Теоретический цикл парокомпрессионной холодильной машины. Сравнение парокомпрессионного цикла с обратным циклом Карно. Действительный цикл парокомпрессионной холодильной машины. Производство энтропии и степень термодинамического совершенства действительного цикла. Удельные величины холодопроизводительности и работы. Циклы многоступенчатых и каскадных холодильных установок. Причины применения сложных циклов. Варианты многоступенчатых циклов и их сравнительные характеристики. Теоретические и действительные циклы воздушных холодильных машин. «Русский» (вакуумный) цикл – Мартыновского, Туманского, Дубинского. Основы расчета циклов воздушных холодильных машин, области применения машин и пути их совершенствования. Схемы и циклы теплоиспользующих холодильных установок: абсорбционных и парозежекторных. Отображение рабочих процессов в тепловых диаграммах. Циклы тепловых насосов, оценка их эффективности. Источники теплоты низкого потенциала. Области применения тепловых насосов. Термотрансформаторы. Рабочие вещества парокомпрессионных холодильных машин, их классификация. Теплофизические свойства и эксплуатационные характеристики однокомпонентных рабочих веществ. Показатели «озонной» и «парниковой» опасности (ODP и GWP). Смазка холодильных компрессоров. Типы масел. Азеотропные и неазеотропные смеси. Их свойства и области применения. Основные преимущества и недостатки холодильных установок, использующих неазеотропные смеси. Объемные компрессоры: поршневые, винтовые, спиральные и ротационные. Принцип действия, основные характеристики, области применения и пути совершенствования. Идеальная и действительная индикаторные диаграммы поршневого компрессора. Коэффициент подачи. Математические модели действительных процессов и оценка эффективности объемных компрессоров. Характеристики объемных компрессоров. Центробежные компрессоры, их принцип действия, основные характеристики, области применения и пути совершенствования. Процессы в элементах центробежного компрессора. Уравнения удельной работы и степени повышения давления в ступени, производство энтропии в ступени. Основы расчета. Процессы теплоотдачи при кипении жидкостей в свободном объеме и внутри труб. Влия-

ние примесей масла на теплоотдачу при кипении. Процессы теплоотдачи при конденсации на свободной поверхности, внутри труб. Влияние неконденсирующихся примесей на интенсивность теплоотдачи. Типы испарителей – кожухотрубные, затопленные и с кипением внутри труб, панельные, оросительные. Физическая картина процессов в испарительных аппаратах разных типов. Основы расчета испарителей, пути их совершенствования. Типы конденсаторов – кожухотрубные, оросительные и испарительные, с воздушным охлаждением. Особенности теплофизических процессов в конденсаторах. Теплоотдача к окружающей среде – воде или воздуху. Проблема сокращения расхода охлаждающей воды. Автоматизация работы холодильных и компрессорных машин и установок. Приборы и системы автоматики для регулирования и защиты холодильных и компрессорных машин и установок. Применение микропроцессорной техники для программного регулирования. Экологическая и эксплуатационная безопасность.

Рекомендуемая литература

1. Криогенные системы. Т. 1-2: Учебник / А.М. Архаров, И.В. Марфенина, Е.И. Микулин и др. - М.: Машиностроение, 2009.
2. Холодильные машины: Учебник /Под ред. Л.С. Тимофеевского- СПб.: Изд-во «Политехника», 2010.
3. Новотельнов В.Н., Суслов А.Д., Крузе А.С. Холодильные машины и тепловые насосы: Учебник.- СПб.: Изд-во «Политехника», 2009.
4. Быков А.В., Калнинь И.М., Крузе А.С. Холодильные машины и тепловые насосы.- М.: Колос, 2011.
5. Пластинин П.И. Поршневые компрессоры Т.1. Учебное пособие. – М.: Колос, 2010.
6. Ужанский В.С. Автоматизация холодильных машин и установок. Учебное пособие. – М.: Колос, 2009.
7. Справочник по физико-техническим основам криогеники /Под ред. М.П. Малкова М.: Колос. - 2012.
8. Курьлев Е.С., Герасимов Н.А. Холодильные установки. – СПб.: Изд-во «Политехника». - 2010.
12. Нестеренко А.В. Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха. – СПб.: Изд-во «Политехника». 2008.
13. Неренков И.П. Основы автоматизированного проектирования. -: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 336 с.
14. Проектирование баз данных оборудования низкотемпературных систем. Под ред. Б.М. Азарова. –М.: Агропромиздат, 2012. – 463 с.
15. Вукалович М.П., Новиков И.М. Техническая термодинамика. – С.-Пб. Политехника, 2010.- 296 с.
16. Касаткин А.С. Курс электротехники: Учеб. Пособие для вузов / А.С. Касаткин, М.В. Немцев. -10-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2009.-542 с.
17. Гулиа Н.В. Детали машин: учебник для вузов / Н.В. Гулиа, В.Г. Клоков, С.А. Юрков. СПб.: Лань, 2013. – 416 с.