

Белорусский национальный технический университет

Кафедра ЮНЕСКО
«Энергосбережение и возобновляемые источники энергии»

НАГНЕТАТЕЛЬНЫЕ И РАСШИРИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Учебная программа для специальности:
1-36 20 01 (Низкотемпературная техника)

Курс – 4

Семестр – 7-8

Лекции - 66 часов

Практические занятия – 16 часов

Лабораторные занятия - 17 часов

Всего аудиторных часов

по дисциплине – 99

Всего часов

по дисциплине - 135

Экзамен 7 семестр

Курсовая работа – 7 семестр

Форма получения
высшего образования –
дневная

Минск

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа «Нагнетатели и расширительные машины» разработана для специальности 1-36 20 01 (Низкотемпературная техника) Белорусского национального технического университета.

Цель изучения данной дисциплины состоит в ознакомлении с теоретическими основами преобразования электрической и механической энергии нагнетательных устройств в механическую энергию потока жидкости либо газа, с принципами действия нагнетательных и расширительных машин, работающих на различных рабочих телах (воздух, пар, кислород, аммиак и т.п.). Изучению подлежат используемые в холодильном хозяйстве предприятий нагнетательные и расширительные машины, включающие в себя вентиляторы, насосы, компрессоры, детандеры, методы расчета составных элементов изучаемых устройств, конструктивное оформление, режимы работы и технико-экономические показатели.

Изучение данной дисциплины преследует следующие задачи:

- дать студентам навыки по выбору и эксплуатации нагнетательных и расширительных машин, применяемых для производства холода и при функционировании систем холодоснабжения;
- привить умение использовать полученные знания для расчетов процессов, происходящих в нагнетателях;
- привить навыки работы с нагнетательными устройствами, обеспечивающей наиболее экономичный режим их эксплуатации.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных в курсах «Физика», «Высшая математика», «Механика жидкости и газа», «Техническая термодинамика».

Полученные знания в дальнейшем используются при изучении специальных дисциплин, связанных главным образом с производством, транспортом и потреблением холода и позволяют подходить к решению этих проблем с точки зрения повышения эффективности этих процессов. Особое внимание при изучении данной дисциплины следует обратить на усвоение теоретического материала, а также принципов применения, подбора и использования нагнетателей.

В результате освоения курса «Нагнетатели и расширительные машины» студент должен:

знать:

- гидромеханические и термодинамические процессы, происходящие в тепломеханическом оборудовании;
- рабочие процессы, конструкции и характеристики изучаемых устройств;
- методы расчетов процессов, происходящих в нагнетателях и расширительных машинах;

уметь:

- осуществлять расчет процессов, происходящих в нагнетателях и расширительных машинах;
- выбрать необходимый тип машины для работы в данных условиях эксплуатации;
- обеспечить правильную эксплуатацию машин, регулирование режимов их работы;
- выбрать наиболее экономичный режим работы устройств;
- анализировать режимы эксплуатации оборудования, осуществлять диагностику работы.

-

приобрести навыки:

- работы с нагнетательными устройствами и расширительными машинами;
- определения режима работы устройств;
- экономичной эксплуатации устройств, регулирования режимов их работы.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел I. Основные понятия о нагнетательных устройствах

Тема 1.1. Введение

Общая характеристика курса, его назначение. Область применения нагнетательных и расширительных машин. Общие сведения о преобразовании энергии в насосах, вентиляторах, газодувках, компрессорах и расширительных машинах.

Роль нагнетательных устройств в холодильной технике. Особенности работы холодильных компрессоров. Инновационные направления в развитии техники для перекачивания жидкостей и газов. Классификация нагнетателей.

Тема 1.2. Основные параметры работы нагнетателей

Основные уравнения для потока несжимаемой и сжимаемой жидкости. Основные характеристики и параметры потоков в каналах.

Основные параметры работы нагнетателей – производительность, давление, напор, мощность и КПД. Выращения для определения параметров нагнетателей.

Раздел II. Центробежные нагнетатели

Тема 2.1. Преобразование энергии в колесе центробежного нагнетателя

Физический механизм преобразования энергии в центробежном нагнетателе. Треугольники скоростей. Уравнение Эйлера. Теоретический и действительные напоры нагнетателя.

Тема 2.2. Напор нагнетателей

Параметры, влияющие на напор нагнетателя. Влияние на напор угла входа потока в рабочее колесо. Основные уравнения для нагнетателя с радиальным входом. Влияние угла выхода с лопатки на полный, статический и динамический напоры центробежного нагнетателя. Типы лопастей.

Тема 2.3. Характеристики нагнетателей

Теоретические и действительные характеристики напора, мощности и КПД нагнетателей. Виды характеристик.

Тема 2.4. Подобие нагнетателей

Условия подобия. Перерасчет рабочих параметров нагнетателей при изменении их геометрических характеристик, условий работы, свойств среды и частоты вращения рабочего колеса. Коэффициент быстроходности.

Тема 2.5. Влияние частоты вращения колеса нагнетателя на характеристики

Влияние частоты вращения колеса нагнетателя на его характеристики. Перерасчет характеристик нагнетателей при изменении частоты вращения. Универсальные характеристики.

Тема 2.6. Работа нагнетателей в сети

Понятие сети. Характеристика сети. Аналитический и графический методы определения режима работы нагнетателя на сеть. Оптимальная работа нагнетателя.

Тема 2.7. Регулирование подачи нагнетателей

Способы регулирования подачи нагнетателей. Регулирование дросселированием сети. Частотный метод регулирования. Регулирование изменением угла входа на лопатку. Поля рабочих параметров при различных способах регулирования.

Тема 2.8. Совместная работа нагнетателей

Совместная работа нагнетателей. Параллельное, последовательное и смешанное включение нагнетателей. Определение режимов работы нагнетателя на сеть при совместной работе.

Тема 2.9. Устойчивость работы нагнетателей

Понятие устойчивой работы нагнетателей. Влияние на устойчивость работы характеристик нагнетателя и характеристик сети. Помпаж. Методы обеспечения устойчивой работы нагнетателей.

Тема 2.10. Высота всасывания центробежного насоса

Кавитация. Допустимая высота всасывания. Влияние температуры и давления на допустимую высоту всасывания. Влияние параметров насоса на допустимую высоту всасывания. Запас на кавитацию. Кавитационная характеристика насоса. Две схемы установки насосов.

Тема 2.11. Конструкции центробежных насосов и вентиляторов

Основные размеры рабочего колеса центробежного нагнетателя. Осевые усилия. Конструктивные узлы нагнетателей. Способы уплотнения подвижного вала. Магнитожидкостное уплотнение. Многоступенчатые и многопоточные нагнетательные устройства. Особенности эксплуатации нагнетательных устройств и техники безопасности.

Раздел III. Осевые нагнетатели

Тема 3.1. Осевые насосы и вентиляторы

Преобразование энергии в осевом нагнетателе. Кинематика потока в осевых нагнетателях. Решетка профилей. Особенности рабочих характеристик осевых машин. Регулирование осевых нагнетателей. Устойчивость работы осевых нагнетателей.

Раздел IV. Поршневые насосы

Тема 4.1. Принцип действия и параметры поршневых насосов

Поршневые насосы, их типы. Способ преобразования энергии. Теоретическая и действительная индикаторные диаграммы. Подача поршневых насосов. Неравномерность всасывания и подачи. Мощность и КПД.

Тема 4.2. Характеристики и регулирование подачи

Характеристики поршневых насосов. Работа поршневого насоса на сеть. Регулирование режима работы. Допустимая высота всасывания.

Раздел V. Компрессоры

Тема 5.1. Типы и основные параметры компрессоров

Типы компрессоров. Поршневые компрессоры. Термодинамика компрессорного процесса. Процессы сжатия и расширения идеального и реального газов в компрессоре.

Теоретическая и действительная индикаторные диаграммы. Влияние давления выхода на подачу компрессора. Мертвое пространство и его влияние на подачу поршневого компрессора.

Тема 5.2. Мощность и КПД поршневого нагнетателя

TS-диаграмма компрессорных процессов. Удельная работа в компрессорном процессе. Мощность и КПД поршневого компрессора.

Тема 5.3. Многоступенчатое сжатие

Многоступенчатое сжатие и промежуточное охлаждение. Экономия работы при многоступенчатом сжатии. TS-диаграмма многоступенчатого компрессора. Количество ступеней при многоступенчатом сжатии.

Тема 5.4. Характеристики и регулирование поршневых компрессоров

Характеристики поршневых компрессоров. Работа поршневого компрессора на сеть. Методы регулирования подачи поршневого компрессора.

Тема 5.5. Конструктивные типы поршневых компрессоров

Конструктивные типы поршневых компрессоров. Детали и узлы поршневых компрессоров. Устройство и требования, предъявляемые к движущимся и корпусным элементам компрессора. Масла и система смазки компрессоров.

Тема 5.6. Лопастные компрессоры

Характеристики лопастных компрессоров. Работа лопастного компрессора на сеть. Методы регулирования подачи лопастных компрессоров.

Тема 5.7. Роторные компрессоры

Конструкции и принцип действия, виды роторных компрессоров. Рабочий цикл роторного компрессора. Давление, теоретическая и действительная производительность компрессора. Мощность и КПД роторного компрессора. Факторы, влияющие на объемные и энергетические характеристики роторных холодильных компрессоров. Управление подачей роторных компрессоров. Область применения, характеристики и технико-экономические показатели роторных компрессоров.

Тема 5.8. Винтовые компрессоры

Конструкция и принцип действия винтовых компрессоров. Рабочий цикл винтового компрессора. Давление, теоретическая и действительная производительность винтового компрессора. Факторы, влияющие на объемные и энергетические характеристики винтовых компрессоров. Профиль и число зубьев винтов. Управление подачей винтовых компрессоров.

Тема 5.9. Струйные нагнетатели

Струйные нагнетатели. Принцип действия и особенности газодинамических процессов в эжекторе. Конструктивные элементы эжекторов. Расчет эжекторов и определение их конструктивных параметров.

Тема 5.10. Эксплуатация компрессоров

Особенности эксплуатации компрессоров и техники безопасности. Балансировка рабочих колес и шкивов. Смазочные материалы и системы смазки нагнетателей. Средства и методы технического контроля состояния нагнетателей. Вывод нагнетателей на рабочий режим.

Тема 5.11. Выбор нагнетателей

Выбор нагнетателей. Область применения и сравнительная характеристика различных типов компрессоров и нагнетателей. Влияние условий эксплуатации на выбор типа нагнетателя. Правила выбора нагнетателей и компрессоров.

Тема 5.12. Современные нагнетательные устройства

Современные насосы, вентиляторы и компрессоры объемного и динамического принципа действия. Основные производители компрессоров, насосов, вентиляторов. Сервисные услуги, предоставляемые потребителям производителями компрессоров. Схемы включения компрессоров в холодильный цикл.

Раздел VI. Расширительные машины

Тема 6.1. Принцип действия и устройство расширительных машин

Расширительные машины (детандеры). Классификация расширительных машин. Поршневые и лопастные расширительные машины. Область применения расширительных машин. Устройство и рабочие процессы расширительных турбомашин.

Тема 6.2. Параметры расширительных машин

Параметры работы расширительных турбомашин и их элементов. Коэффициенты реактивности. Профилирование лопаточных аппаратов расширительных турбомашин. КПД расширительных турбомашин. Расчет турбодетандеров. Конструкции расширительных машин.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Расчет рабочих параметров нагнетателей.
2. Определение теоретического и действительного напора центробежного нагнетателя. Уравнение Эйлера. Треугольники скоростей.
3. Определение действительного напора и потребляемой мощности центробежного нагнетателя.
4. Соотношения подобия. Пересчет характеристик нагнетателей при изменении различных параметров.
5. Работа центробежного нагнетателя на сеть.
6. Определение режима работы нагнетателя при регулировании.
7. Расчет предельной высоты всасывания центробежного насоса.
8. Термодинамические расчеты процесса сжатия и расширения газов, построение диаграмм состояния.
9. Расчет параметров компрессора.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Изучение распределения давления на поверхности лопатки в потоке воздуха.
2. Исследование сил, действующих на лопатки.
3. Определение и изучение характеристик центробежного вентилятора.
4. Определение и изучение характеристик осевого вентилятора.
5. Изучение режимов работы вентилятора на сеть.
6. Определение и изучение характеристик центробежного насоса.
7. Определение кавитационных характеристик центробежного насоса.
8. Изучение работы параллельно включенных вентиляторов.
9. Изучение работы последовательно включенных вентиляторов.
10. Влияние частоты вращения колеса центробежного вентилятора на его характеристики.
11. Регулирование центробежных вентиляторов.
12. Определение и изучение характеристик поршневого компрессора

ПРИМЕРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Тема курсовой работы:

Расчет рабочего колеса центробежного насоса, компрессора.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Черкасский, В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры / В.М. Черкасский. – М.: Энергоиздат, 1984. – 415с.
2. Поляков, В.В. Насосы и вентиляторы / В.В. Поляков, Л.С. Скворцов. – М.: Стройиздат. – 1990. – 336 с.
3. Дячек, П.И. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учебное пособие / П.И. Дячек. – М.: Издательство АСВ. 2011. – 432 с.
4. Михайлов, А.К. Компрессорные машины // А.К. Михайлов, В.П. Ворошилов - М.: Энергоиздат, 1989. - 287 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

5. Шерстюк, А.Н. Насосы, вентиляторы, компрессоры / А.Н. Шерстюк. - М.: Высшая школа, 1972. - 342 с.
6. Калинушкин, М.П. Насосы и вентиляторы / М.П. Калинушкин. – М.: Высшая школа, 1987. – 178 с.
7. Холодильные машины. / Под общ. ред. проф. Тимофеевского Л.С. – Санкт-Петербург: Политехника, 1997. – 992 с.
8. Холодильные машины: Учебник для вузов по специальности «Холодильные машины и установки» / Н.Н. Кошкин, И.А. Сакун, У.М. Бамбушек и др. ; под общ. ред. И.А. Сакуна. – Ленинград: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1985 – 510с.