

Министерство образования Республики Беларусь

***Учебно-методическое объединение вузов Республики Беларусь по
образованию в области энергетики и энергетического оборудования***

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

_____ А.И. Жук

_____ /тип.
Регистрационный № ТД-

МАГНЕТАТЕЛИ И ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

**Типовая учебная программа
для высших учебных заведений по специальности
1-43 01 05 Промышленная теплоэнергетика**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель министра энергетики
Республики Беларусь

_____ Ю.В. Рымашевский

Председатель учебно-методического
объединения вузов
Республики Беларусь по образованию
в области энергетики и энергетического
оборудования

_____ Ф.А. Романюк

СОГЛАСОВАНО

Начальник Управления высшего и
среднего специального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

_____ Ю.И. Миксюк

Проректор по учебной и
воспитательной работе
Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»

_____ В.И. Шупляк

Эксперт-нормоконтролер

Минск 2010

СОСТАВИТЕЛИ:

В.А. Седнин, заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и теплотехника» Белорусского национального технического университета, профессор, доктор технических наук;

З.Б. Айдарова, старший преподаватель кафедры «Промышленная теплоэнергетика и теплотехника» Белорусского национального технического университета

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра «Промышленная теплоэнергетика» Гомельского Государственного технического университет им П.О.Сухого (протокол № 15 от 25.05.2010 г.);

К.Э.Гаркуша, доцент кафедры «Энергетика» Белорусского Государственного аграрного технического университета, кандидат технических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:

Кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и теплотехника» Белорусского национального технического университета (протокол № 17 от 26.04.2010 г.)

Научно-методической комиссией Белорусского национального технического университета (протокол № от 20 г.)

Учебно-методическим объединением вузов Республики Беларусь по образованию в области энергетики (протокол № ____ от _____ 20_г.)

Ответственный за редакцию: З.Б. Айдарова

Ответственный за выпуск: В.А. Седнин

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Типовая программа «Нагнетатели и тепловые двигатели» разработана в соответствии с Образовательным стандартом ОС РБ 1-36 20 04 - 2007 по специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» высших учебных заведений.

Целью изучения данной дисциплины является ознакомление с теоретическими основами и принципами действия тепловых двигателей и нагнетательных машин, работающих на различных рабочих телах (воздух, кислород, пар, аммиак и т.п.). Изучению подлежат используемые в энергетическом хозяйстве промышленных предприятий нагнетательные машины и тепловые двигатели, включающие в себя компрессоры, вентиляторы, насосы, паровые и газовые турбины, двигатели внутреннего сгорания, методы расчета их составных элементов, конструктивное оформление, режимы работы и технико-экономические показатели.

Задачей изучения дисциплины является умение анализировать гидромеханические и термодинамические процессы, происходящие в тепломеханическом оборудовании, производить расчеты процессов, происходящих в нагнетателях и тепловых двигателях, рассчитывать основные характеристики машин с учетом типа рабочего типоразмера, условий эксплуатации, определять основные геометрические параметры машин с учетом их характеристик, обеспечить правильную эксплуатацию машин, регулирование режимов их работы.

Дисциплина является базовой для дипломного проектирования, для активного участия в научных исследованиях и практической работе по специальности.

Изучение ряда вопросов учебной программы предусматривается в период производственной практики.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных в курсах «Высшая математика», «Физика», «Теоретическая механика», «Гидрогазодинамика», «Техническая термодинамика».

Курс включает в себя лекционные, лабораторные и практические занятия.

В результате освоения дисциплины «Нагнетатели и тепловые двигатели» студент должен:

знать:

- основные законы всех составных разделов дисциплины;
- основные уравнения потока сжимаемой жидкости;
- основные характеристики и параметры потоков в каналах;
- принципиальные схемы основных систем преобразования энергии и их термодинамические циклы;
- схема устройства и принцип работы турбинной ступени;
- регулируемые и нерегулируемые отборы пара;
- принципиальные схемы паро – и газотурбинных установок.

уметь:

- анализировать гидромеханические и термодинамические процессы, происходящие в тепломеханическом оборудовании;
- производить расчеты процессов, происходящих в нагнетателях и тепловых двигателях;
- рассчитывать основные характеристики машин с учетом типа рабочего тела, типоразмера, условий эксплуатации;
- определять основные геометрические параметры машин с учетом их характеристик;
- использовать ПЭВМ для произведения необходимых расчетов.

приобрести навыки:

- в выборе необходимого типа машины для работы в данных условиях эксплуатации;
- для обеспечения правильной эксплуатации машин, регулирования режимов их работы;
- в выборе наиболее экономичных режимов работы устройств;

Методы (технологии) обучения

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, частично-поисковый метод), реализуемый на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, реализация творческого подхода, реализуемые на практических (или лабораторных) занятиях и при самостоятельной работе;
- коммуникативные технологии (дискуссии, учебные дебаты и другие формы и методы), реализуемые на практических занятиях и конференциях.

Организация самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории на практических занятиях под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;
- управляемая самостоятельная работа, в том числе в виде выполнения индивидуальных расчетных занятий с консультациями преподавателя.

Диагностика компетенций студента

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале в соответствии с критериями, утвержденными Министерством образования Республики Беларусь.

Для оценки достижений студента используется следующий диагностический инструментарий:

- защита выполненных на практических занятиях индивидуальных заданий;
- проведение текущих контрольных опросов по отдельным темам;
- защита выполненных на лабораторных занятиях и полностью оформленных лабораторных работ по каждой изучаемой теме дисциплины;
- сдача зачета и экзамена по дисциплине.

Согласно учебным планам на изучение дисциплины отведено всего 215 ч., в том числе 108 ч. аудиторных занятий, из которых лекции – 72 ч., практические занятия – 18 ч., лабораторные занятия – 18 ч.

Примерный тематический план курса

Наименование раздела, темы	Лекции (часы)	Практиче- ские занятия (часы)	Лаборатор- ные занятия (часы)	Всего аудитор- ных часов
1	2	3	4	5
Раздел I. Введение. Общая характеристика курса, его назначение.				
Тема 1. Основные гидрогазодинамические и термодинамические процессы, происходящие в нагнетательных машинах и тепловых двигателях.	6	4		10
Тема 2. Термодинамические основы процесса сжатия газов.	6			6
Раздел II. Теоретические основы работы динамических нагнетателей				
Тема 3. Отличительные особенности центробежных и осевых нагнетателей.	4	4	6	14
Тема 4. Работа нагнетателей в сети. Совместная работа нагнетателей.	4		4	8
Тема 5. Подobie нагнетателей. Коэффициент быстроходности.	6	2		8
Тема 6. Вентиляторы и насосы. Особенности их рабочих параметров.	6	2		8
Раздел III. Теоретические основы нагнетателей объемного действия				
Тема 7. Классификация нагнетателей объемного действия; особенности их работы.	6			6
Тема 8. Роторные насосы.	6			6
Раздел IV. Центробежные и осевые турбокомпрессоры				
Тема 9. Многоступенчатые центробежные и осевые компрессоры; особенности конструкции.	6	2		8

1	2	3	4	5
Раздел V. Теоретические основы работы турбинной ступени				
Тема 10. Схема устройства и принцип работы турбинной ступени. Условия преобразования энергии	6	4	8	18
Раздел VI. Паровые и газовые турбины.				
Тема 11. Достоинства и конструктивные особенности паровых и газовых турбин.	6			6
Тема 12. Регулируемые и нерегулируемые отборы пара, методы регулирования.	6			6
Раздел VII. Двигатели внутреннего сгорания.				
Тема 13. Классификация ДВС по различным признакам. Схема устройства и принцип работы	4			4
ВСЕГО	72	18	18	108

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел I. ВВЕДЕНИЕ. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСА, ЕГО НАЗНАЧЕНИЕ

Тема 1. Основные гидрогазодинамические и термодинамические процессы, происходящие в нагнетательных устройствах и тепловых двигателях

Общая характеристика курса, его назначение. Применение нагнетательных машин и тепловых двигателей в народном хозяйстве. Краткие сведения из истории создания нагнетателей и тепловых двигателей. Современное состояние вопроса.

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

Тема 2. Термодинамические основы процесса сжигания газов

Термодинамические основы процесса сжатия газов. Уравнение состояния. Процесс сжатия. Уравнение сохранения энергии. Тепловые диаграммы.

Классификация нагнетателей и тепловых двигателей. Общие сведения о насосах, вентиляторах, газодувках, компрессорах, турбинных установках, двигателях внутреннего сгорания. Основные параметры работы нагнетателей. Области применения различных нагнетателей.

РАЗДЕЛ II. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГНЕТАТЕЛЕЙ

Тема 3. Отличительные особенности центробежных и осевых нагревателей

Преобразование энергии в колесе центробежного нагнетателя. Треугольники скоростей. Уравнение Эйлера. Теоретический и действительный напоры нагнетателя. Баланс энергии рабочего колеса центробежной машины. Параметры, влияющие на напор центробежной машины. Мощность и КПД. Типы лопастей. Основные размеры рабочего колеса. Теоретические и действительные характеристики нагнетателей. Многоступенчатые и многопоточные машины. Осевые усилия.

Тема 4. Работа нагнетателей в сети. Совместная работа нагнетателей

Параллельное, последовательное и смешанное включение нагнетателей. Способы регулирования подачи нагнетателей. Поля рабочих параметров при различных способах регулирования.

Тема 5. Подобие нагнетателей. Коэффициент быстроходности

Пересчет характеристик при изменении частоты вращения колеса нагнетателя и вязкости среды. Универсальные характеристики.

Тема 6. Вентиляторы и насосы. Особенности их рабочих параметров

Кавитация. Допустимая высота всасывания. Условия работы насоса с двухфазной рабочей средой.

Устойчивость работы нагнетателей. Помпаж. Влияние сжимаемости рабочего тела на условия работы нагнетателей.

Типы характеристик центробежных насосов.

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

Раздел III. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАГНЕТАТЕЛЕЙ ОБЪЕМНОГО ДЕЙСТВИЯ

Тема 7. Классификация нагнетателей объемного действия, особенности их работы

Поршневые компрессоры. Работа сжатия газа в идеальном и реальном поршневом компрессоре. Работа и мощность поршневого компрессора. Мертвое пространство и его влияние на производительность поршневого компрессора. КПД компрессора. Способы регулирования производительности поршневых компрессоров. Действительная индикаторная диаграмма. Многоступенчатое сжатие и промежуточное охлаждение.

Тема 8. Роторные насосы

Типы роторных насосов. Основные рабочие параметры роторных насосов, их характеристики. Способы регулирования подачи.

Раздел IV. ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ И ОСЕВЫЕ ТУРБОКОМПРЕССОРЫ

Тема 9. Многоступенчатые центробежные и осевые турбокомпрессоры

Элементы конструкции турбокомпрессоров: рабочие колеса, направляющие аппараты, диффузоры, валы, подшипники.

Осевые усилия в многоступенчатых турбокомпрессорах и способы их компенсации.

Методика расчета основных размеров компрессора.

Турбокомпрессорные установки; характеристика основных элементов установки.

Компрессорные установки с поршневыми компрессорами. Выбор привода и оборудования компрессорных установок. Особенности эксплуатации и техника безопасности.

Раздел V. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ ТУРБИННОЙ СТУПЕНИ

Тема 10. Схема устройства и принцип работы турбинной ступени.

Условия преобразования энергии

Активная и реактивная турбинная ступень. Сопловая и рабочая решетки. Усилия, действующие на рабочие лопатки. Работа и мощность турбинной ступени. Построение тепловой диаграммы процесса течения рабочего тела в турбинной ступени. Параметры, влияющие на КПД ступени. Парциальный подвод рабочего тела, степень парциальности.

Основы теплового расчета турбинной ступени. Расчет параметров рабочего тела при течении в турбинной ступени. Определение основных размеров рабочих и сопловых лопаток.

Раздел VI. ПАРОВЫЕ И ГАЗОВЫЕ ТУРБИНЫ

Тема 11. Достоинства и конструктивные особенности паровых и газовых турбин

Тепловая диаграмма рабочего процесса. Понятие о «возврате теплоты». Влияние коэффициента возврата тепла на КПД многоступенчатой турбины.

Характеристический коэффициент многоступенчатой турбины. Основы предварительного теплового расчета многоступенчатых турбин.

Классификация, типы, энергетические характеристики отечественных конденсационных и теплофикационных паровых и газовых турбин.

Тема 12. Регулируемые и нерегулируемые отборы пара

Переменный режим работы сопловой решетки. Работа проточной части турбины при расходах и параметрах рабочего тела, отличных от нормальных. Система парораспределения.

Регулируемые и нерегулируемые отборы пара, методы регулирования. Переменный режим работы теплофикационных паровых турбин.

Защита паровых и газовых турбин от осевого сдвига ротора, от повышения числа оборотов сверх допустимого. Защита паровой турбины от заброса в нее воды.

Раздел VII. ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Тема 13. Классификация ДВС по различным признакам. Схема устройства и принцип работы

Схема устройства и принцип работы 4-х тактного и 2-х тактного ДВС. Индикаторные диаграммы. Среднее индикаторное давление. Индикаторная и эффективная работа, мощность и КПД ДВС.

Внешнее смесеобразование. Топливоподающая система в дизелях. Мощностные характеристики и режимы работы ДВС.

Тепловой баланс и экономические показатели работы ДВС. Удельный расход натурального топлива в ДВС.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Примерный перечень тем практических занятий

1. Измерение универсальной характеристики центробежного вентилятора.
2. Измерение универсальной характеристики осевого вентилятора.
3. Измерение рабочих характеристик центробежного насоса.
4. Измерение кавитационной характеристики центробежного насоса.
5. Исследование последовательной работы центробежных вентиляторов, имеющих одинаковые рабочие характеристики.
6. Исследование параллельной работы центробежных вентиляторов, имеющих различные рабочие характеристики.
7. Определение основных параметров турбинной ступени по ее конструктивным размерам.
8. Исследование процесса истечения из сопл.
9. Исследование распределения давления по обводу профиля турбинной лопатки.
10. Исследование течения в канале активной решетки и профильных потерь энергии при изменении угла атаки.

Примерный перечень тем лабораторных занятий

1. Измерение универсальной характеристики центробежного вентилятора.

2. Измерение универсальной характеристики осевого вентилятора.
3. Измерение рабочих характеристик центробежного насоса.
4. Измерение кавитационной характеристики центробежного насоса.
5. Исследование последовательной работы центробежных вентиляторов, имеющих одинаковые рабочие характеристики.
6. Исследование параллельной работы центробежных вентиляторов, имеющих различные рабочие характеристики.
7. Определение основных параметров турбинной ступени по ее конструктивным размерам.
8. Исследование процесса истечения из сопл.
9. Исследование распределения давления по обводу профиля турбинной лопатки.
10. Исследование течения в канале активной решетки и профильных потерь энергии при изменении угла атаки.

Основная литература

1. Черкасский В.М. Нагнетатели и тепловые двигатели. / В.М. Черкасский, Н.В. Калинин, Ю.В. Кузнецов, В.И. Субботин – М.: Энергоатомиздат, 1997. – 383 с.
2. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. / В.М. Черкасский – М.: Энергоиздат, 1984. – 415 с.
3. Костюк А.Г. Паровые и газовые турбины. / А.Г. Костюк, В.В. Фролов – М.: Энергоиздат, 1985. – 352 с.

Дополнительная литература

1. Нигматулин И.Н. Тепловые двигатели. / И.Н. Нигматулин, В.А. Ценев, П.Н. Шляхин – М.: Высшая школа, 1984. – 375 с.
2. Шерстюк А.Н. Насосы, вентиляторы, компрессоры. / А.Н. Шерстюк – М.: Машиностроение, 1985. – 344 с.