

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учебно-методическое объединение по образованию
в области строительства и архитектуры

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

_____ В.А.Богуш

Регистрационный № ТД- _____ /тип.

НАСОСЫ, ВЕНТИЛЯТОРЫ И КОМПРЕССОРЫ

Типовая учебная программа
по учебной дисциплине для специальности
1-70 04 02 Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана
воздушного бассейна

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
объединения по образованию в
области строительства и архитектуры

_____ Э.И. Батяновский

СОГЛАСОВАНО

Начальник Главного управления
профессионального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

_____ С.А. Касперович

_____ (дата)

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научно-методической
работе Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»

_____ И.В. Титович

Эксперт-нормоконтролер

СОСТАВИТЕЛЬ:

П.И. Дячек, профессор кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»
Белорусского национального технического университета, доктор технических наук, профессор.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра «Энергетика» Учреждения образования «Белорусский государственный технический университет»
(протокол № 1 от 30.08.2017);

И.А. Эстрин, главный специалист отдела «Отопление и вентиляция»
Унитарного предприятия «Белпромпроект».

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:

Кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция» Белорусского национального технического университета
(протокол № 1 от 06.09.2017);

Научно-методическим советом Белорусского национального технического университета (секция «Совершенствование учебного процесса и учебно-нормативной документации»)
(протокол № _____ от _____);

Научно-методическим советом по водохозяйственному строительству и теплогазоснабжению Учебно-методического объединения по образованию в области строительства и архитектуры
(протокол № 18 от _____).

Ответственный за редакцию: П.И. Дячек
Ответственный за выпуск: П.И. Дячек

Пояснительная записка

Типовая учебная программа по учебной дисциплине «Насосы, вентиляторы и компрессоры» разработана для учреждений высшего образования Республики Беларусь в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования 1 ступени по специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна».

Дисциплина «Насосы, вентиляторы и компрессоры» является одной из профилирующих дисциплин специальности, позволяющих инженеру-строителю овладеть навыками и техническими возможностями организации функционирования систем теплогазоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Цель изучения дисциплины «Насосы, вентиляторы и компрессоры» – усвоение студентами вопросов теории функционирования и практики применения нагнетателей, методов их подбора и рациональной эксплуатации на объектах теплогазоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха (объектах климатизации).

Программа курса «Насосы, вентиляторы и компрессоры» базируется на знаниях, полученных при изучении нормативно-правовых документов, а также естественнонаучных, общепрофессиональных и специальных дисциплин: математики, физики, химии, теоретической механики, механики жидкости и газа, электротехники, технической термодинамики и теплообмена.

Изучение дисциплины «Насосы, вентиляторы и компрессоры» в практической деятельности инженеров в области теплогазоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха должно обеспечивать целенаправленность всех организационных, технологических, плановых, проектно-конструкторских и технических решений на достижение конечного результата – функционирования систем климатизации в требуемом режиме, с требуемым качеством при обеспечении экономии материальных и энергетических ресурсов, потребляемых нагнетателями.

В задачи учебной дисциплины входит формирование у студентов знаний и навыков по следующим вопросам:

- принципа действия, конструктивных особенностей, области применения и характеристиках нагнетателей, применяемых в системах теплогазоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха;
- выбора нагнетателей, определения их инфраструктуры для конкретных условий эксплуатации и экономии энергетических ресурсов;
- испытания нагнетателей, управления рабочим режимом в процессе применения их по назначению.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- конструктивные особенности и принцип действия основных типов нагнетателей;
- области применения нагнетателей в системах отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и теплоснабжения;
- особенности рабочих характеристик нагнетателей, приемы и средства экономии энергетических ресурсов в условиях их применения в системах теплогасоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха;

уметь:

- осуществлять выбор нагнетателей в соответствии с характеристиками перемещаемой жидкости и особенностями применения;
- конструировать подводящие и отводящие каналы нагнетательных установок и формировать требования к месту установки нагнетателей;
- анализировать в условиях эксплуатации рабочие параметры нагнетателей и соответствие их предъявляемым требованиям;

владеть:

- методами управления нагнетателями в условиях эксплуатации;
- методами измерения рабочих параметров нагнетателей;
- методикой испытания нагнетателей.

Освоение данной учебной дисциплины обеспечивает формирование следующих компетенций:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- ПК-4. Анализировать и оценивать собранные данные.
- ПК-8. Анализировать перспективы и направления развития систем теплоснабжения, газоснабжения, отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, охраны воздушного бассейна.
- ПК-9. Выбирать оптимальный критерий развития систем теплогасоснабжения, отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, охраны воздушного бассейна и осуществлять их оптимизацию.
- ПК-11. Разрабатывать технические задания на проектируемый объект с учетом результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

- ПК-13. Рассчитывать и анализировать режимы работы систем теплоснабжения, газоснабжения, отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, охраны воздушного бассейна и намечать пути их оптимизации.
- ПК-19. Организовывать эксплуатацию оборудования систем теплогазоснабжения, отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха коммунальных, промышленных и сельскохозяйственных предприятий; подготовку обслуживающего персонала.
- ПК-23. Осуществлять современными методами диагностирования и мониторинга контроль состояния оборудования систем теплогазоснабжения, отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха.
- ПК-28. В составе группы специалистов разрабатывать технологическую документацию, принимать участие в создании стандартов и нормативов.
- ПК-37. Работать с научной, технической и патентной литературой, выявлять патентную чистоту технических решений.

На изучение учебной дисциплины «Насосы, вентиляторы, компрессоры» отведено всего 69 часов, из них 51 аудиторных занятий.

Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий:

лекции – 34 ч.;

лабораторные занятия – 17 ч.

Примерный тематический план

Наименование тем	Лекции (часы)	Практические занятия (часы)	Лабораторные занятия (часы)	Всего аудиторных часов
Тема 1. Введение	0,5			0,5
Тема 2. Краткий исторический обзор	0,5			0,5
Тема 3. Основные термины и определения. Классификация и параметры работы нагнетателей	3		2	5
Тема 4. Радиальные (центробежные) нагнетатели	12		6	18
Тема 5. Осевые нагнетатели	4		2	6
Тема 6. Объемные нагнетатели	4			4
Тема 7. Струйные	1		2	3

нагнетатели				
Тема 8. Другие типы нагнетателей	1			1
Тема 9. Общие вопросы применения нагнетателей	8		5	13
ВСЕГО	34		17	51

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение

Значение курса в подготовке инженеров по специальности «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна». Место и значение нагнетателей в системах теплогазоснабжения, вентиляция и кондиционирования воздуха.

Тема 2. Краткий исторический обзор

Исторические сведения о развитии насосо-, компрессоро- и вентиляторостроении и применения нагнетателей в различных областях науки и техники.

Тема 3. Основные термины и определения. Классификация и параметры работы нагнетателей

Классификация, принцип действия и область применения нагнетателей. Применения нагнетателей в системах теплогазоснабжения, вентиляции и кондиционировании воздуха. Классификация нагнетателей. Общие сведения о нагнетателях. Общие сведения о системе нагнетатель+сеть. Параметры работы нагнетателей. Характеристика сети.

Тема 4. Радиальные (центробежные) нагнетатели

Кинематика движения частицы жидкости в колесе радиальных (центробежных) нагнетателей. Динамика движения идеальной жидкости в колесе радиального (центробежного) нагнетателя. Уравнение Эйлера. Анализ уравнения Эйлера.

Теоретические характеристики радиальных (центробежных) нагнетателей. Особенности течения жидкости в каналах рабочего колеса радиальных (центробежных) нагнетателей. Действительные характеристики радиальных (центробежных) нагнетателей. Совместная работа нагнетателя и сети.

Условия подобия и пересчет характеристик радиальных (центробежных) нагнетателей. Коэффициент быстроходности. Осевые и радиальные силы в радиальных (центробежных) нагнетателях.

Радиальные вентиляторы. Общие сведения о радиальных вентиляторах. Конструктивные элементы радиальных вентиляторов. Вентиляторные установки.

Центробежные насосы. Классификация, маркировка и конструктивные элементы центробежных насосов. Промышленные типы и серии насосов. Кавитация. Выбор высоты всасывания.

Центробежные компрессоры. Общие сведения о центробежных компрессорах. Теоретические основы работы центробежных компрессоров.

Характеристики центробежных компрессоров. Магистральный компрессор системы дальнего газоснабжения.

Тема 5. Осевые нагнетатели

Решетка профилей осевого нагнетателя. Кинематика частицы жидкости в колесе осевого нагнетателя. Динамика частицы жидкости в колесе осевого нагнетателя. Профилирование лопаток осевого нагнетателя. Характеристики осевых нагнетателей. Осевые вентиляторы. Осевые насосы. Осевые компрессоры.

Тема 6. Объемные нагнетатели

Поршневые компрессоры. Шестеренные нагнетатели. Винтовые компрессоры, особенности конструкции и характеристики. Спиральные компрессоры. Роторные нагнетатели.

Тема 7. Струйные нагнетатели

Теория струйных нагнетателей. Эжекторы, инжекторы, элеваторы. Конструкция, характеристики и область применения.

Тема 8. Другие типы нагнетателей

Диагональные нагнетатели. Вихревые нагнетатели. Расширительные машины. Детандеры.

Тема 9. Общие вопросы применения нагнетателей

Испытание нагнетателей. Характеристики нагнетателей в квадрантах. Совместная работа нагнетателей. Параллельная работа нагнетателей. Последовательная работа нагнетателей. Влияние присоединительных участков на характеристику совместной работы нагнетателей. Комбинированное включение нагнетателей. Выбор способа соединения нагнетателей на совместную работу. Условия совместной работы нагнетателей. Особенности работы нагнетателей в составе систем. Устойчивость работы нагнетателей. Помпаж. Привод. Передачи. Электродвигатели. Выбор нагнетателей. Пуск нагнетателей. Способы управления работой нагнетателей. Способы воздействия на сеть. Способы воздействия на нагнетатель. Балансировка рабочих колес и шкивов. Шум нагнетателей. Монтаж и наладка нагнетателей. Охрана труда при монтаже и эксплуатации нагнетателей.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Список литературы

Основная литература

1. Дячек П.И. Насосы, вентиляторы, компрессоры. М.: АСВ, 2011, 2013.
2. Поляков В.В., Скворцов Л.С. Насосы и вентиляторы. М.: Стройиздат, 1990.
3. Вахвахов Г.Г. Работа вентилятора в сети. М.:Стройиздат, 1975.
4. Карасев Б.В. Насосы и насосные станции. Мн.: Вышэйшая школа, 1979.
5. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. М.: Энергия, 1984.
6. Лабораторный практикум по насосам, вентиляторам, компрессорам. Мн.: БНТУ, 2013.

Дополнительная литература

1. Пеклов А.А. Гидравлические машины и холодильные установки. Киев: Віща школа, 1971.
2. Бромлей М.Ф. Гидравлические машины и холодильные установки. М.: Стройиздат, 1971.
3. Калинушкин М.П. Вентиляторные установки. М.: Высшая школа, 1979.
4. Центробежные вентиляторы. Под ред. Соломаховой Т.С. М.: Машиностроение, 1975.
5. Мухин О.А, Дячек П.И. Насосы и вентиляторы. Текст лекций. Мн.: БПИ, 1982.

Нормативная литература

1. ГОСТ 10921. Вентиляторы радиальные и осевые. Методы аэродинамических испытаний.
2. ГОСТ 12.2.028. Вентиляторы общего назначения. Методы определения шумовых характеристик.
3. ГОСТ 10616. Вентиляторы радиальные и осевые. Размеры и параметры.
4. ГОСТ 5976. Вентиляторы радиальные общего назначения. Общие технические условия.
5. ГОСТ 11442. Вентиляторы осевые общего назначения. Общие технические условия.
6. ГОСТ 17398. Насосы. Термины и определения.
7. ГОСТ 27854. Насосы динамические. Ряд основных параметров.
8. ГОСТ 6134. Насосы динамические. Методы испытаний.

9. ГОСТ9366. Насосы осевые. Общие технические условия.
10. Правила устройства, монтажа и безопасной эксплуатации взрывозащищенных вентиляторов. ПУМБЭВВ.

Компьютерные программы

Электронные каталоги насосов, вентиляторов и компрессоров.

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- решение индивидуальных задач;
- составление тематической подборки литературных источников, интернет-источников; углубленное изучение тем;
- проработка тем (вопросов), вынесенных на самостоятельное изучение.
- подготовка к лабораторным занятиям, управляемая самостоятельная работа в виде выполнения лабораторных работ каждым студентом индивидуально под контролем и с консультацией преподавателя.

Завершающая стадия обучения – дипломное проектирование, как одна из форм самостоятельной работы студентов, где выполняется раздел «Организация, планирование и управление производством» на базе полученных знаний по указанному курсу.

Перечень рекомендуемых средств диагностики

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- оценка текущей успеваемости во время проведения лекционных и лабораторных занятий;
- собеседование при проведении индивидуальных и групповых консультаций;
- защита отчетов по выполненным лабораторным работам;
- сдача экзамена.

Характеристика рекомендуемых методов и технологий обучения

Основными методами обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

– элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;

– элементы творческого, креативного подхода, реализуемые при самостоятельной работе и проведении лабораторных занятий.

При проведении занятий рекомендуется использовать информационные технологии, наглядные пособия, плакаты, макеты. При изложении материала необходимо соблюдать единство терминологий и обозначений в соответствии с действующими стандартами, техническими кодексами установившейся практики (ТКП), строительными нормами и правилами (СНиП), с использованием только Международной системы единиц СИ.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины должно быть ориентировано на освоение студентами основ инновационных технологий, развитие навыков анализа и самостоятельности в принятии инженерных решений в будущей инженерной деятельности, умение работать с научной и технической литературой.

Примерный перечень контрольных вопросов для подготовки к экзаменам

1. Краткий исторический обзор развития насосо- вентиляторостроения.
2. Применение насосов и вентиляторов в системах отопления, вентиляции и теплогасоснабжения.
3. Гидравлическая система. Ее параметры.
4. Параметры работы нагнетателей.
5. Энергетический и материальный баланс в системе сеть+нагнетатель.
6. Классификация нагнетателей по принципу действия, по назначению, по виду перемещаемой среды, по развиваемому давлению и производительности.
7. Схема, принцип действия, конструктивные элементы, достоинства и недостатки радиальных (центробежных) нагнетателей.
8. Схема, принцип действия, конструктивные элементы, достоинства и недостатки осевых нагнетателей.
9. Схема, принцип действия, конструктивные элементы, достоинства и недостатки диаметральные нагнетателей.
10. Схема, принцип действия, конструктивные элементы, достоинства и недостатки диагональных нагнетателей.
11. Схема, принцип действия, конструктивные элементы, достоинства и недостатки вихревых нагнетателей.
12. Схема, принцип действия, конструктивные элементы, достоинства и недостатки струйных нагнетателей.
13. Схема, принцип действия, конструктивные элементы, достоинства и недостатки поршневых нагнетателей.

14. Схема, принцип действия, конструктивные элементы, достоинства и недостатки шестеренных и винтовых нагнетателей.
15. Схема, принцип действия, конструктивные элементы, достоинства и недостатки спиральных нагнетателей.
16. Схема, принцип действия, конструктивные элементы, достоинства и недостатки роторных (пластинчатых) нагнетателей.
17. Эрлифт. Принцип действия и устройство.
18. Кинематика частицы жидкости в колесе радиального нагнетателя.
19. Вывод уравнения Эйлера для колеса радиального нагнетателя.
20. Анализ уравнения Эйлера. Безударный вход.
21. Режим безударного входа и его обеспечение.
22. Коэффициенты закрутки и давления. Факторы, влияющие на их величину.
23. Теоретическая характеристика радиального нагнетателя.
24. Факторы, определяющие отличие теоретической и действительной характеристик радиальных нагнетателей.
25. Полная характеристика радиального нагнетателя.
26. Характеристика нагнетателей в квадрантах и методы ее построения.
27. Универсальная характеристика нагнетателей. Способы построение универсальной характеристики.
28. Форма лопатки на выходе из колеса радиального нагнетателя и влияние ее на параметры его работы.
29. Конструкция и виды рабочих колес радиальных нагнетателей.
30. Формулы подобия при изменении частоты вращения рабочего колеса радиального нагнетателя и при изменении плотности перемещаемой среды.
31. Формирование осевого давления в радиальных нагнетателях.
32. Формулы подобия при изменении диаметра рабочего колеса радиального нагнетателя, обточка колес насосов.
33. Влияние входных и выходных элементов радиального нагнетателя на его рабочие параметры.
34. Кожух, подводящие и отводящие каналы радиальных нагнетателей, их конструкция и предъявляемые к ним требования.
35. Кинематика частицы жидкости в колесе осевого нагнетателя.
36. Теорема Н.Е. Жуковского о подъемной силе элемента лопасти.
37. Профилирование лопастей рабочих колес осевых нагнетателей.
38. Влияние ступицы и корпуса осевого нагнетателя на его рабочие параметры.
39. Решетка профилей рабочего колеса осевого нагнетателя. Аэродинамические коэффициенты профиля и лопасти.
40. Полная характеристика осевого нагнетателя.
41. Удельное число оборотов и быстроходность рабочего колеса.
42. Назначение и конструкция направляющих аппаратов и влияние их на характеристики вентиляторов.
43. Акустические характеристики нагнетателей.

44. Основные причины возникновения шума в нагнетателях. Методы борьбы с шумом.
45. Характеристика сети.
46. Методика определения параметров совместной работы нагнетателя и сети.
47. Характеристика параллельной работы одинаковых и различных нагнетателей.
48. Характеристика последовательной работы одинаковых и различных нагнетателей.
49. Условия совместной работы нагнетателей.
50. Выбор рациональной схемы соединения нагнетателей на совместную работу.
51. Неустойчивая работа нагнетателей. Помпаж.
52. Полное техническое описание вентилятора.
53. Последовательность подбора нагнетателей. Требования к нагнетателям при подборе.
54. Правила пуска нагнетателей.
55. Виброизоляторы и гибкие вставки.
56. Конструктивные особенности и характеристика радиальных (центробежных) насосов.
57. Кавитация. Причины возникновения и меры по предупреждению возникновения.
58. Допустимая высота всасывания насосов.
59. Правила пуска насосов.
60. Балансировка рабочих колес и шкивов.
61. Мероприятия по снижению и уменьшению последствий действия осевого давления.
62. Методика и цели испытания насосов и вентиляторов.
63. Способы измерения давления в сетях.
64. Способы измерения расхода в вентиляционных сетях.
65. Конструкция и методика использования микроманометра для измерения давления в сетях.
66. Мероприятия по виброизоляции вентиляторов.
67. Компоновочные схемы соединения рабочего колеса с приводом. Виды привода вентиляторов и насосов.
68. Вращение колеса и типоразмер вентиляторов.
69. Вентиляторы с поворотным кожухом. Положение кожуха радиальных вентиляторов.
70. Исполнение вентиляторов по характеристикам перемещаемой среды и по условиям применения.
71. Вентиляторы в коррозионностойком и искробезопасном (искрозащищенном) исполнении. Их область применения и особенности конструкции.
72. Особенности конструкции и область применения пылевых и крышных вентиляторов.

73. Способы воздействия на сеть с целью изменения производительности нагнетателя и их сравнительная оценка.
74. Способы воздействия на нагнетатель с целью изменения его производительности. Ступенчатое изменение числа оборотов.
75. Бесступенчатое изменение числа оборотов рабочего колеса нагнетателя.
76. Многоступенчатые радиальные нагнетатели. Особенности конструкции.
77. Диаграмма P-s работы поршневого компрессора.
78. Сглаживание пульсации подачи поршневых компрессоров.
79. Управление подачей поршневых компрессоров.
80. Производительность поршневых компрессоров.

Примерный перечень тем лабораторных занятий

1. Измерение основных параметров нагнетателей.
2. Испытание радиального вентилятора.
3. Испытание центробежного насоса.
4. Испытание осевого вентилятора.
5. Испытание диаметрального вентилятора.
6. Испытание эжектора.
7. Испытание параллельно и последовательно соединенных нагнетателей.
8. Изучение конструктивных особенностей нагнетателей.
9. Выбор вентиляторов.