


**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Согласовано  
Директор института заочного обучения

  
М.П. Местеров

« 30 » ноября 201 5 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института

  
А.В. Белоусов

« 9 » декабря 201 5 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

направление подготовки (специальность):

**13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

Направленность программы (профиль):

**Энергообеспечение предприятий**

Квалификация

**бакалавр**

Форма обучения

**заочная**

**Институт: Энергетический**


**Кафедра: Энергетики теплотехнологии**

Белгород – 2015

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 01 октября 2015 г., № 1081.
- плана учебного процесса БГУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2015 году.


Составитель: д-р  
техн. наук, доцент



(П.А. Трубаев)


Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры **энергетики  
теплотехнологии**

« 16 » ноября 2015 г., протокол № 3

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, профессор  (В.П. Кожевников)

Рабочая программа одобрена методической комиссией энергетического  
института

« 19 » ноября 2015 г., протокол № 3

Председатель: канд. техн. наук, доцент  (А.Н. Семернин)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Профессиональные			
1	ПК-3	Способность участвовать в проведении предварительного технико-экономического обоснования проектных разработок энергообъектов и их элементов по стандартным методикам	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– структуру энергетического комплекса промышленного предприятия, схемы водо, газо, воздухообеспечения промышленных предприятий, системы обеспечения продуктами разделения воздуха, основное оборудование и параметры этих сетей;</li> <li>– принципы, законы и методики гидравлического расчета сетей и энергоэффективной работы нагнетателей в сетях, принципы работы теплонасосных установок;</li> <li>– средства автоматизации проектирования и расчета систем энергоснабжения.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b> производить гидравлический расчет водяных и воздухопроводных сетей; производить выбор оборудования в системах энергоснабжения; выполнять термодинамический расчет циклов теплонасосных установок.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками расчетов энергопотребления нагнетателей, выбора наиболее эффективного способа регулирования работы нагнетателей в сети, выбора наиболее эффективных схем и фреонов теплонасосных установок.</p>

## 2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цель преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является формирование у студентов теоретических и практических навыков, необходимых при проектировании систем газоснабжения, водоснабжения, воздухообеспечения промышленных предприятий, азотно-кислородных станций; холодильных и теплонасосных установок для трансформации теплоты, а также оптимальной эксплуатации этих систем и установок.

### 1.2. Задачи изучения дисциплины

В результате теоретического и практического изучения студенты должны знать:

- назначение, структуру, типовые схемы, устройства систем газоснабжения, водоснабжения, воздухообеспечения промышленных предприятий;
- методы и методики проектирования и оптимальной эксплуатации насосных и компрессорных станций;
- методы и методики расчета и оптимальной эксплуатации воздухопроводных, водопроводных и газопроводных сетей;
- основные принципы работы и устройство установок по получению продуктов разделения воздуха, холодильных и теплонасосных установок для трансформации теплоты.



## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

2.1. Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины	Наименование разделов (тем)
1	Гидрогазодинамика	Статика и динамика идеальной жидкости. Теоретические основы динамики вязкой жидкости. Турбулентное движение вязкой жидкости. Сопротивление при течении жидкости.
2	Техническая термодинамика	Предмет и метод термодинамики. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики. Термодинамика реального газа. Термодинамика стационарного потока массы. Термодинамика газовых и парогазовых смесей. Термодинамика газовых и паровых циклов.
3	Тепломассообмен	Конвективная теплоотдача в элементах теплообменных устройств.
4	Тепломеханическое оборудование промышленных предприятий	Тепло- и массообменные процессы и аппараты. Общие сведения. Теплообменные аппараты. Вспомогательное оборудование теплотехнологических установок.

2.2. Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)	Наименование разделов (тем)
1	Преддипломная практика, выполнение квалификационной работы	–

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Вид учебной работы	Всего часов (семестр № 9)
Общая трудоемкость дисциплины, час	216
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	30
лекции	12
лабораторные	8
практические	10
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	186
Курсовой проект	–
Курсовая работа	36
Расчетно-графическое задания	–
Индивидуальное домашнее задание	–
<i>Другие виды самостоятельной работы*</i>	114
Форма промежуточной аттестация	Экзамен (36)

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 5 Семестр 9

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
–	<b>Установочное занятие</b>	2	–	–	1
I	<b>Понятие об энергокомплексе промышленного предприятия</b> Характеристика энергоресурсов промышленного предприятия. Состав энергокомплекса промышленного предприятия. Особенности расчета и моделирования энергокомшеска промышленных предприятий.	1	–	–	5
II	<b>Теория и методы расчета работы нагнетателей в сети</b> Классификация нагнетателей. Подача, давление и напор, развиваемые нагнетателями. Единицы измерения давления. Работа, мощность и КПД нагнетателей. Графические характеристики нагнетателей. Сопrotивление и напорная характеристика сети для перемещения жидкостей. Устойчивость работы сети (помпаж). Совместная работа нагнетателя и сети. Регулирование подачи. Параллельное соединение . Последовательное соединение. Работа нагнетателей в распределенной сети. Регулирование установки из нескольких нагнетателей. Конструкция центробежных машин. Пересчет характеристик центробежных машин. Регулирование подачи. Центробежные насосы. Кавитация и допустимая высота всасывания.	2	4	4	30
III	<b>Системы технического водоснабжения промышленных предприятий</b> Классификация потребителей технической воды. Устройства системы технического водоснабжения. Классификация и схемы систем водоснабжения по принципу повторного использования воды. Баланс воды предприятия. Потери воды в оборотных системах водоснабжения. Продувка.	1	1	1	10
IV	<b>Насосные станции систем технического водоснабжения</b> Классификация насосных станций. Схемы насосных станций. Выбор насосов по каталогам и приводов. Выбор числа насосов в насосной станции. Устройства для охлаждения воды в оборотных системах. Расчет брызгательных бассейнов. Очистка промышленных сточных вод.	1	1	1	10



№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
V	<b>Системы воздухообеспечения промышленных предприятий</b> Состав систем воздухообеспечения и компрессорных станций. Основные типы потребителей сжатого воздуха на производстве. Приближенный и уточненный расход воздуха у потребителей. Производительность компрессорных станций и потери воздуха в сети. Расчет воздухопроводной сети.	1	1	–	2
VI	<b>Оборудование компрессорных станций</b> Выбор компрессоров для систем воздухообеспечения. Воздухозаборный устройства и фильтры для очистки воздуха. Промежуточные и кошечные холодильники. Влагомасоотделители. Установки для осушки сжатого воздуха. Рессиверы. Системы водоснабжения компрессорных станций. пример расчета компрессорных станций.	1	1	–	2
VII	<b>Установки для трансформации теплоты (холодильные, теплонасосные)</b> Назначение и область применения установок для трансформации теплоты. Классификация установок для трансформации теплоты по принципу действия. Схема и цикл в T, S- и p, v-диаграммах идеальной установки для трансформации теплоты. Схема и циклы в T, S- и p, v-диаграммах идеальной пароконденсационной установки для трансформации теплоты. Энергетические характеристики эффективности работы установок. Схемы и циклы в p, v-диаграмме реальных пароконденсационных установок: без переохладителя, с переохладителем, с промежуточным регенеративным теплообменником. Методы расчета установок. Компонировка и составные элементы установок.	2	2	2	34
VIII	<b>Системы газоснабжения промышленных предприятий</b> Классификация газопроводов. Классификация систем промышленного газоснабжения. Устройства систем газоснабжения. Схемы заводского и внутрицехового газопроводов. Обязочные газопроводы. Режим работы газовой сети низкого давления. Расчет газопроводных сетей. Регулирование газопроводных сетей. Внутренние источники газового топлива на промышленном предприятии.	0,5	–	–	10
IX	<b>Системы по обеспечению производства продуктами разделения воздуха (азотно-кислородные станции)</b> Назначение систем. Характеристики продуктов разделения воздуха. Методы разделения газовых смесей. Ректификационные колонны. Состав установок по разделению воздуха.	0,5	–	–	10
	<b>Выполнение курсовой работы</b>	–	–	–	36
	<b>Подготовка к экзамену</b>	–	–	–	36
	<b>Итого</b>	12	10	8	186

### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Курс 5 Семестр 9

№ п/п	№ разд.	Тема практического занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1	II	Расчет характеристик нагнетателей систем энергоснабжения. Расчет мощности и подбор электродвигателей нагнетателей систем энергоснабжения	4	8
2	II	Гидравлический расчет сети системы водоснабжения. Работа нагнетателей в водопроводной и воздухопроводной сетях. Регулирование водопроводной и воздухопроводной сетей.	1	2
3	III	Совместная работа нагнетателей в насосных станциях. Работа нагнетателей в распределенной водопроводной сети.	1	2
4	IV	Регулирование нагнетателей в насосных станциях	1	2
5	V, VI	Теория сжатия газа в компрессорах воздухопроводных сетей. Расчет параметров поршневого насоса.	1	4
6	VII	Расчет теплонасосной установки без переохладителя	1	2
7	VII	Расчет теплонасосной установки с переохладителем	0,5	1
8	VII	Расчет теплонасосной установки с промежуточным регенеративным теплообменником	0,5	1
		<b>Итого</b>	10	20

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

Курс 5 Семестр № 9

№ п/п	№ разд.	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1	II	Выбор и регулирование насоса	4	8
2	III	Параллельная работа насосов и их регулирование	1	2
3	IV	Регулирование насосной станции	1	2
4	VII	Оптимизация теплонасосной установки	2	4
		<b>Итого</b>	8	16

**Лабораторные работы выполняются** с привлечением оборудования и технических средств, куда входит оборудование, используемое студентом при лабораторных работах и иных видах работ, требующих практического применения знаний и навыков в учебно-производственной ситуации, овладения техникой эксперимента. Лабораторные работы не предполагают отрыва от учебного процесса, представляют собой моделирование производственной ситуации и подразумевают предъявление студентом практических результатов индивидуальной или коллективной деятельности. Виртуальные лабораторные работы с помощью специализированных обучающих комплексов позволяют студенту производить эксперименты либо с математической моделью, либо с физической установкой. Выполнение лабораторной работы заканчивается представлением отчета, который может быть проверен автоматически.



## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

**Текущий контроль** предназначен для выяснения уровня знаний студента по разделу дисциплины. Он проводится на практических занятиях без использования учебников и конспектов. В контрольных работ предлагается ответы на теоретические вопросы и решение задачи. Она показывает уровень усвоения материала по выбранной теме. Цель контрольной работы – привить навыки самостоятельной научной работы на основе углубленного изучения какой-либо темы, научиться анализировать и обобщать научный материал, делать из него объективные выводы, самостоятельно решать отдельные задачи.

#### Перечень тем текущего контроля

№	Тема
	<b>Контрольные работы</b> (проводятся в форме тестирования)
0	Стартовый контроль знаний
1	Работа насосов в сети
2	Системы водоснабжения
3	Системы воздухообеспечения
4	Системы обеспечения продуктами разделения воздуха и тепловые насосы
5	Системы газоснабжения
	<b>Контрольные работы</b> (проводятся в форме решения задач)
1	Работа насосов в сети
2	Тепловые насосы

### Примеры тестовых заданий

#### ВВЕДЕНИЕ. ПОНЯТИЕ ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

- Что входит во внутренние энергоресурсы предприятия? (отметьте один или несколько пунктов)
  - теплота отходящих газов
  - электроэнергия
  - природный газ
  - избыточное давление газов
  - твердое и жидкое топливо
- Что такое энергетический комплекс промышленного предприятия?
  - система, объединяющая потребителей энергоресурсов
  - система, объединяющая все источники энергоресурсов предприятия
  - система, объединяющая источники внутренних энергоресурсов предприятия
  - система, объединяющая источники энергоресурсов и их потребителей
- Какие из перечисленных систем входят в энергокомплекс промышленного предприятия? (отметьте один или несколько пунктов)
  - пароснабжения
  - хладоснабжения
  - технического водоснабжения
  - газоснабжения
  - воздухообеспечения
  - теплоснабжения
- Что входит в устройства и сооружения для приема, трансформации и аккумуляции энергоресурсов от внешних источников? (отметьте один или несколько пунктов)
  - газораспределительные станции
  - котельные
  - котлы-утилизаторы
  - центральные тепловые пункты
  - компрессорные станции
- Что входит в устройства и сооружения для выработки энергоресурсов? (отметьте один или несколько пунктов)
  - газопроводы
  - центральные тепловые пункты
  - котельные



- газораспределительные станции
- компрессорные станции

6. Что входит в устройства и сооружения для выработки энергоресурсов? (отметьте один или несколько пунктов)

- центральные тепловые пункты
- газораспределительные станции
- водопроводы
- воздуходелительные станции
- теплоэлектростанции

7. Что входит в устройства и сооружения для выработки энергоресурсов? (отметьте один или несколько пунктов)

- газораспределительные станции
- воздуходелительные станции
- центральные тепловые пункты
- котельные
- теплоэлектростанции

8. Что входит в установки и сооружения по утилизации и использованию вторичных энергоресурсов? (отметьте один или несколько пунктов)

- воздуходелительные станции
- котельные
- котлы-утилизаторы
- газораспределительные станции
- центральные тепловые пункты

9. Какой критерий оптимизации необходимо использовать при проектировании систем энергоснабжения?

- минимум капитальных затрат КЗ
- минимум текущих затрат ТЗ
- минимум срока окупаемости инвестиций  $T$  или приведенных затрат  $E$

#### ОБОРУДОВАНИЕ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

10. Какая степень сжатия  $\varepsilon$  в компрессоре?

- от 0 до 1
- меньше 1
- от 1 до 1,15
- меньше 1,15
- больше 1,15

11. Каковы особенности поршневых компрессоров? (отметьте один или несколько пунктов)

- они развивают высокое давление
- развиваемое в них давление не зависит от подачи
- они обеспечивают равномерную подачу
- они обеспечивают высокие подачи
- наличие смазочного масла, загрязняющего сжимаемый воздух
- в них возможно возникновения автоколебаний (ломашка)

12. Какие особенности у роторных пластинчатых компрессоров? (отметьте один или несколько пунктов)

- высокая частота вращения
- большие размеры и масса
- равномерная подача
- отсутствие клапанов
- отсутствие смазочного масла, загрязняющего сжимаемый воздух
- низкая температура воздуха на выходе и более высокий КПД, чем у поршневых компрессоров

13. Какие особенности у винтовых компрессоров? (отметьте один или несколько пунктов)

- отсутствие клапанов
- высокая частота вращения
- отсутствие шума при работе
- широкий диапазон регулирования без повышения удельных энергозатрат на сжатие

14. Какие особенности у динамических компрессоров (турбокомпрессоров)? (отметьте один или несколько пунктов)

- высокая производительность
- малые габариты и вес
- развиваемое в них давление не зависит от подачи
- отсутствие клапанов
- более высокий КПД по сравнению с поршневыми компрессорами

15. Основные элементы поршневого компрессора (отметьте один или несколько пунктов)

- рабочий цилиндр
- поршень
- всасывающий и нагнетательный клапаны
- клапанная коробка
- рабочее колесо

16. Сопоставьте условные обозначения и названия поршневых воздушных компрессоров

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	НАЗВАНИЯ
1) ВВ	а) V-образные
2) ВГ	б) W-образные
3) ВМ	в) вертикальные
4) ВП	г) горизонтальные односторонние
5) ВУ	д) горизонтальные двухсторонние
6) ВШ	е) прямоугольные

1) \_\_\_ 2) \_\_\_ 3) \_\_\_ 4) \_\_\_ 5) \_\_\_ 6) \_\_\_

17. Крейскопфт – это устройство для ...

- сжатия поперечных (по отношению к оси поршня) сил
- обеспечения равномерности подачи

- ( ) снижения воздействия на фундамент инерционных сил, возникающих при движении поршня
- ( ) регулирования подачи компрессора
- ( ) регулирования развиваемого компрессором давления
18. Что включает обозначение поршневого компрессора? (расставьте пункты по порядку в порядке использованной в обозначении)
- а) конечное давление, кгс/см<sup>2</sup>
- б) производительность, м<sup>3</sup>/мин
- в) тип компрессора
- г) усилие, прикладываемое на поршень, тонна-сила
- д) число рядов цилиндров
- Пункты в необходимом порядке: \_\_\_\_\_
19. Как обозначаются винтовые компрессоры сухого сжатия?
- ( ) В
- ( ) ВС
- ( ) ВКМ
- ( ) ВКС
20. Какая производительность винтового компрессора 3В-16/8?
- ( ) 3 м<sup>3</sup>/мин
- ( ) 16 м<sup>3</sup>/мин
- ( ) 8 м<sup>3</sup>/мин
- ( ) 3 л/с
- ( ) 16 л/с
- ( ) 8 л/с
21. Какое развиваемое давление у винтового компрессора 3В-16/8?
- ( ) 3 кгс/см<sup>2</sup>
- ( ) 16 кгс/см<sup>2</sup>
- ( ) 8 кгс/см<sup>2</sup>
- ( ) 3 МПа
- ( ) 16 МПа
- ( ) 8 МПа
22. Какая максимальная степень сжатия может быть в одной ступени центробежного или осевого компрессора?
- ( ) 1,4
- ( ) 2,5
- ( ) 3,0
- ( ) 9,0
23. Какие особенности осевых компрессоров по сравнению с центробежными? (выберите один или несколько пунктов)
- более простая конструкция
- более высокий КПД
- меньшие масса и габариты
- более высокая степень повышения давления в одной ступени

#### СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

24. Какие газы в основном состоят из метана СН<sub>4</sub>? (выберите один или несколько пунктов)
- природные, добываемые из газовых месторождений
- природные попутные
- сухой перегонки
- генераторные
25. Какие газы в основном состоят из водорода Н<sub>2</sub>, оксида углерода СО и азота N<sub>2</sub>? (выберите один или несколько пунктов)
- природные, добываемые из газовых месторождений
- природные попутные
- сухой перегонки
- генераторные
26. Определите объем газа при температуре 273 °С и абсолютном давлении 0,4 МПа, если при нормальных условиях объем газа равен 10 м<sup>3</sup>.
- ( ) 5 м<sup>3</sup>
- ( ) 6,67 м<sup>3</sup>
- ( ) 15 м<sup>3</sup>
- ( ) 20 м<sup>3</sup>
- ( ) 40 м<sup>3</sup>
27. Резкий запах одоранта должен ощущаться при концентрации природного газа в воздухе
- ( ) не превышающей нижнего предела взрываемости
- ( ) не превышающей 1/2 нижнего предела взрываемости
- ( ) не превышающей 1/4 нижнего предела взрываемости
- ( ) не превышающей 1/8 нижнего предела взрываемости
28. Какими способами компенсируют часовую неравномерность потребления природного газа? (выберите один или несколько вариантов)
- использованием специально подобранных потребителей-регуляторов
- использованием подземных хранилищ газа
- использованием аккумулирующей емкости последнего участка магистрального газопровода
29. Какими способами компенсируют сезонную неравномерность потребления природного газа? (выберите один или несколько вариантов)
- использованием специально подобранных потребителей-регуляторов
- использованием подземных хранилищ газа
- использованием аккумулирующей емкости последнего участка магистрального газопровода
30. В качестве подземных хранилищ газа используются
- ( ) пласты плотных известняков
- ( ) стальные емкости
- ( ) глинистые пласты
- ( ) пласты пористых пород



31. Какое избыточное давление газа в газопроводах низкого давления?  
 менее 1 кПа  
 менее 100 кПа  
 менее 500 кПа  
 менее 300 кПа  
 менее 5 кПа
32. Какое избыточное давление газа в газопроводах среднего давления?  
 300-500 кПа  
 500-1000 кПа  
 1000-2000 кПа  
 5-300 кПа  
 2000-5000 кПа
33. Какое избыточное давление газа в газопроводах высокого давления II категории?  
 500-1000 кПа  
 5-300 кПа  
 100-500 кПа  
 600-900 кПа  
 300-600 кПа
34. Какое избыточное давление газа в газопроводах высокого давления I категории?  
 600-1200 кПа  
 300-600 кПа  
 1000-2000 кПа  
 2000-5000 кПа  
 500-900 кПа
35. Какая оптимальная скорость газа в газопроводной сети?  
 0,5...1 м/с  
 1...2 м/с  
 2...3 м/с  
 20...30 м/с
36. Для защиты газопроводов от почвенной коррозии применяют  
 катодную или протекторную защиту  
 катодную защиту или электрический дренаж  
 протекторную защиту или электрический дренаж  
 катодную или протекторную защиту или электрический дренаж
37. Как расшифровывается аббревиатура ГРС?  
 главная регуляторная станция  
 газорегуляторная станция  
 газораспределительная станция  
 главная распределительная станция  
 главная разведывательная станция
38. Как расшифровывается аббревиатура ГРП?  
 главный регуляторный пункт  
 газорегуляторный пункт  
 газораспределительный пункт  
 главный распределительный пункт  
 глубоко расположенный пункт
39. Какие устройства в составе предприятия обычно обслуживают группу потребителей или все предприятие?  
 газораспределительные станции  
 газорегуляторные пункты  
 газорегуляторные установки
40. Какие устройства в составе предприятия обычно обслуживают отдельных потребителей (как правило, одного)?  
 газорегуляторные пункты  
 газорегуляторные установки  
 газораспределительные станции
41. Какие из перечисленных ниже операций осуществляются в газорегуляторном пункте? (выберите один или несколько пунктов)  
 снижение давления газа и поддержание его на необходимом в эксплуатации уровне  
 поддержание заданной температуры сгорания газов  
 контроль за температурой газа  
 измерение и учет расхода газа  
 очистка газа от механических примесей
42. В каком из перечисленных мест разрешается установка газорегуляторного пункта? (выберите один или несколько пунктов)  
 в отдельно стоящих зданиях  
 в подвальных помещениях  
 в пристройках к зданиям  
 в шкафах, устанавливаемых на несгораемой стене снаружи газифицируемого здания  
 в шкафах, устанавливаемых на несгораемой стене внутри газифицируемого здания

#### СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДУКТАМИ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА

43. Какова чистота технологического кислорода?  
 90%  95%  97%  более 99%
44. Какова чистота технического кислорода?  
 90%  95%  97%  более 99%
45. Выберите один или несколько способов, использующихся при разделении газовых смесей.  
 инертционные  
 диффузионные  
 адсорбционные

- конденсатно-испарительные  
 механические  
 термoeлектрические
46. Процесс разделения газовых смесей путем многократного испарения охлажденной смеси и раздельной конденсации паров компонентов называется  
 абсорбцией  
 ректификацией  
 десорбцией  
 диффузионным разделением  
 парциальной конденсацией (дистилляцией)
47. Процесс разделения газовых смесей путем однократной перегонки с полной конденсацией паров называется  
 диффузионным разделением  
 абсорбцией  
 десорбцией  
 парциальной конденсацией (дистилляцией)  
 ректификацией
48. Сопоставьте метод с особенностями его применения.  
 а) парциальная конденсация    1) метод применяется при сильно отличающихся температурах кипения компонентов смеси  
 б) ректификация                    2) метод применяется при близких температурах кипения компонентов смеси
- Впишите номера пунктов 1 и 2: а) \_\_\_ б) \_\_\_
49. Отметьте одну или несколько особенностей ректификации.  
 Высокая себестоимость продукции  
 Выделение компонентов с малой концентрацией  
 Высокая производительность установок
50. Выделите особенности разделения газовых смесей конденсатно-испарительными методами по сравнению с адсорбционно-десорбционными и диффузионными. (выберите один или несколько вариантов)  
 высокое качество разделения  
 высокая производительность установок  
 низкое качество разделения  
 низкая производительность установок
51. Выделите особенности разделения газовых смесей адсорбционно-десорбционными и диффузионными методами по сравнению с конденсатно-испарительными. (выберите один или несколько вариантов)  
 низкая производительность установок  
 низкое качество разделения  
 высокое качество разделения  
 высокая производительность установок
52. Отметьте одну или несколько особенностей разделения газовых смесей адсорбционными методами.  
 Высокая себестоимость продукции  
 Высокая производительность установки  
 Выделение компонентов с малой концентрацией
53. Отметьте устройства, входящие в систему криобеспечения установок разделения воздуха.  
 газораспределительная станция  
 ресивер  
 рефрижератор (теплообменник)  
 градирня  
 компрессор  
 дросельный вентиль (дестандер)
54. Где в ректификационной колонне собирается компонент с более высокой температурой кипения?  
 в верхней части     в нижней части     в средней части
55. Где в ректификационной колонне собирается компонент с более низкой температурой кипения?  
 в нижней части     в верхней части     в средней части
56. Как изменяется температура среды в ректификационной колонне в направлении снизу вверх?  
 увеличивается     не изменяется     снижается
57. В какой части ректификационной колонны находится конденсатор?  
 нижней     верхней     средней
58. Выберите конструктивную особенность установок разделения воздуха высокого и среднего давления.  
 две ректификационные колонны конструктивно объединены в одном аппарате  
 в установке две отдельные ректификационные колонны.

При проведении тестирования устанавливается следующее соответствие набранных баллов и оценки (зачета):

- «отлично» – 90% и более;
- «хорошо» – 70-89,9%;
- «удовлетворительно» – 50-69,9%;
- «зачтено» – 50% и более;
- «неудовлетворительно» («незачтено») – менее 50%;



### Примеры задачи для текущего контроля

**Задача 1.** Согласно заданному насосу и характеристикам сети рассчитать: а) мощность насоса  $N$ , кВт, при работе в этой сети. б) мощность  $N$ , кВт, и КПД  $\eta$ , %, при параллельной работе двух насосов в этой сети. в) поле рабочих параметров насоса.

Во всех вариантах: трубы новые чугунные, в сети имеются приемная сетка с обратным клапаном ( $\xi=6$ ), два обратных клапана, шесть U-образных компенсаторов температурного расширения, три полностью открытых параллельных задвижки, двенадцать чугунных колен (для одного  $\xi=1$ ).

#### Исходные данные (первые пять вариантов)

<b>1</b>	L= 1200 м	K 50-32-125	Q, м <sup>3</sup> /ч	0	5	10	15	20
	d= 100 мм		H, м	21	21,5	21	18,5	13,5
	H <sub>под</sub> = 8 м		$\eta$ , %	0	27	47	52	45
<b>2</b>	L= 1400 м	K 65-50-160	Q, м <sup>3</sup> /ч	0	10	20	30	35
	d= 120 мм		H, м	37	36	34	28	24
	H <sub>под</sub> = 12 м		$\eta$ , %	0	35	60	62	60
<b>3</b>	L= 1900 м	K 100-65-200	Q, м <sup>3</sup> /ч	0	30	60	90	120
	d= 180 мм		H, м	54,93	57,47	55,77	52,4	40,56
	H <sub>под</sub> = 24 м		$\eta$ , %	0	45,11	65,53	72,34	68,94
<b>4</b>	L= 2100 м	K 100-65-250	Q, м <sup>3</sup> /ч	0	30	60	90	120
	d= 180 мм		H, м	82,53	86,74	85,89	80	70,74
	H <sub>под</sub> = 45 м		$\eta$ , %	0	37,5	58,33	66,67	62,5
<b>5</b>	L= 1000 м	K 100-80-160	Q, м <sup>3</sup> /ч	0	30	60	90	120
	d= 180 мм		H, м	36,09	37,83	36,96	33,49	27,83
	H <sub>под</sub> = 16 м		$\eta$ , %	0	39,56	65,06	76,48	76,45
<b>6</b>	L= 1400 м	K 150-125-250	Q, м <sup>3</sup> /ч	0	50	100	150	200
	d= 340 мм		H, м	22,68	23,05	23,42	21,95	19,02
	H <sub>под</sub> = 18 м		$\eta$ , %	0	36,69	61,65	76,33	80,73

**Задача 2.** В заданной сети параллельно работают два насоса, один с номинальной частотой  $n$ , второй с частотой  $n_2$ . Определить подачу  $Q$  (м<sup>3</sup>/ч), напор  $H$  (м), усредненный КПД  $\eta$  (%) и мощность  $N$  (кВт) этой установки. Во всех вариантах: трубы чугунные загрязненные, сумма местных сопротивлений  $\Sigma\xi = 42$ . Характеристики насоса приведены при частоте  $n$ .

#### Исходные данные (первые пять вариантов)

<b>1</b>	L= 1200 м	K 50-32-125	Q, м <sup>3</sup> /ч	0	5	10	15	20
	d= 130 мм		H, м	21	21,5	21	18,5	13,5
	H <sub>под</sub> = 8 м		$\eta$ , %	0	27	47	52	45
<b>2</b>	L= 1400 м	K 65-50-160	Q, м <sup>3</sup> /ч	0	10	20	30	35
	d= 150 мм		H, м	37	36	34	28	24
	H <sub>под</sub> = 12 м		$\eta$ , %	0	35	60	62	60
<b>3</b>	L= 1900 м	K 100-65-200	Q, м <sup>3</sup> /ч	0	30	60	90	120
	d= 240 мм		H, м	54,93	57,47	55,77	52,4	40,56
	H <sub>под</sub> = 24 м		$\eta$ , %	0	45,11	65,53	72,34	68,94
<b>4</b>	L= 2100 м	K 100-65-250	Q, м <sup>3</sup> /ч	0	30	60	90	120
	d= 220 мм		H, м	82,53	86,74	85,89	80	70,74
	H <sub>под</sub> = 45 м		$\eta$ , %	0	37,5	58,33	66,67	62,5
<b>5</b>	L= 1000 м	K 100-80-160	Q, м <sup>3</sup> /ч	0	30	60	90	120
	d= 230 мм		H, м	36,09	37,83	36,96	33,49	27,83
	H <sub>под</sub> = 16 м		$\eta$ , %	0	39,56	65,06	76,48	76,45

#### Индивидуальные контрольные задания

Целью индивидуальных контрольных заданий (ИКЗ) является научить производить гидравлический расчет водяных и воздухопроводных сетей; производить выбор оборудования в системах энергоснабжения; выполнять термодинамический расчет циклов теплонасосных установок; овладеть навыками расчетов энергопо-



требления нагнетателей, выбора наиболее эффективного способа регулирования работы нагнетателей в сети, выбора наиболее эффективных схем и фреонов теплонасосных установок.

Темы ИКЗ с примерами расчета и вариантами заданий согласно работе [3]:

- 1). Подача, давление и напор, развиваемые нагнетателями (контрольная задача 1).
2. Работа, мощность и КПД нагнетателей. Электродвигатели и передачи (контрольная задача 2, 3).
3. Сопротивление и напорная характеристика сети (контрольная задача 5).
4. Совместная работа нагнетателя и сети. регулирование подачи (контрольная задача 6).
5. Совместная работа нагнетателей (контрольная задача 9, 10).
6. Пересчет характеристик лопастных насосов и вентиляторов (контрольная задача 13, 14, 15).

### Примеры ИКЗ

Пример 1. Сеть описывается уравнением  $H = 1,2 + 2 \cdot 10^{-5} Q^2$ , где  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч,  $H$ , м. В этой сети необходимо обеспечить подачу  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч. Имеется центробежный насос, характеристики которого при частоте вращения 960 об/мин следующие:

Подача, м <sup>3</sup> /ч	0	100	200	300	400	500
Напор, м	5,2	5,0	4,6	3,9	2,9	1,6
КПД, %	–	61	84	82	68	56

Определить частоту вращения асинхронного электродвигателя (из стандартного ряда), при работе с которой насос обеспечит требуемую подачу при работе в поле рабочих параметров и наименьшую потребляемую мощность. Определить мощность, потребляемую электродвигателем.

#### Варианты задания

№	$Q$	№	$Q$	№	$Q$	№	$Q$	№	$Q$	№	$Q$
1	85	6	70	11	135	16	150	21	130	26	140
2	180	7	95	12	145	17	110	22	165	27	210
3	75	8	205	13	125	18	215	23	100	28	185
4	115	9	80	14	170	19	175	24	200	29	120
5	90	10	195	15	190	20	105	25	155	30	160

Пример 2. Два одинаковых центробежных насоса установлены параллельно. После каждого из них имеется задвижка. Еще одна общая задвижка имеется после насосной установки (рис. 11.20). Насосы оснащены асинхронными двигателями и имеют характеристики (при частоте вращения 960 об/мин):

Подача, м <sup>3</sup> /ч	0	100	200	300	400	500
Напор, м	15,6	15	14	11,2	7,8	4
КПД, %	–	50	80	89	78	48

Насосная установка работает в сети, описываемой уравнением  $H = 0,2 + 2 \cdot 10^{-5} Q^2$ , где  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч,  $H$ , м. В этой сети необходимо обеспечить подачу  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч (табл. 11.18). Определить суммарную мощность, потребляемую насосами, при:

- а) дроссельном регулировании общей задвижкой, располагающейся после насосной установки;
- б) последовательном дроссельном регулировании задвижкой, установленной после одного из насосов;
- в) последовательном изменении частоты вращения насосов;



г) параллельном изменении частоты вращения насосов.

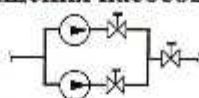


Схема насосной установки

**Варианты задания**

№	Q	№	Q	№	Q	№	Q	№	Q	№	Q
1	500	6	525	11	550	16	575	21	600	26	625
2	505	7	530	12	555	17	580	22	605	27	630
3	510	8	535	13	560	18	585	23	610	28	635
4	515	9	540	14	565	19	590	24	615	29	640
5	520	10	545	15	570	20	595	25	620	30	645

**Перечень контрольных вопросов**

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
I	Понятие об энергокомплексе промышленного предприятия	1. Геометрические расчеты для трубопроводов, связь диаметра, скорости и расхода. 2. Перевод единиц температур, давлений, объема, частоты вращения. 3. Статическое и динамическое давление. 4. Критерий Рейнольдса и режимы течения. 5. Уравнения идеальных газовых процессов. 6. Определение плотности. 7. Зависимость плотности и давления газа от температуры 8. Определение ЭКПП. 9. Что входит в энергоресурсы предприятия. 10. Классификация энергоресурсов предприятия. 11. Классификация установок энергокомплекса предприятий. 12. Системы, входящие в энергокомплекс предприятия.
II	Теория и методы расчета работы насосов в сети	13. Характеристики насосов и вентиляторов. 14. КПД насоса и насосной установки. 15. Поле рабочих параметров. 16. Напорная характеристика сети (проектируемой и действующей). 17. Работа насоса в сети. 18. Регулирование насосов. 19. Параллельная работа насосов. 20. Пересчет характеристик насосов при изменении частоты вращения.
III	Системы технического водоснабжения промышленных предприятий	21. Классификация систем водоснабжения. 22. Схемы и баланс водоснабжения предприятий. 23. Устройства оборотных циклов водоснабжения. 24. Продувка оборотных систем водоснабжения.
IV	Насосные станции систем технического водоснабжения.	25. Классификация насосных станций. 26. Классификация и сравнительные особенности устройств охлаждения оборотной воды. 27. Устройства водоочистки.
V	Системы воздушно-нагрева промышленных	28. Особенности использования сжатого воздуха в качестве силового привода.

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
	предприятий	29. Классификация воздухопроводных сетей. 30. Отличия технологического и силового потребления сжатого воздуха. 31. Определение расхода воздуха у потребителей, коэффициенты, используемые при этом. 32. Потери воздуха в сетях.
VI	Оборудование компрессорных станций	33. Когда в компрессорных станциях используются поршневые и динамические компрессоры. 34. Схемы компрессорных станций с динамическими и поршневыми компрессорами, обязательное оборудование для каждого типа компрессоров.
VII	Установки для трансформации теплоты (холодильные, теплонасосные)	35. Схемы и циклы пароконденсационных тепловых насосов (идеального и реальных). 36. Показатели энергетической эффективности пароконденсационных тепловых насосов. 37. Условия применения тепловых насосов.
VIII	Системы газоснабжения промышленных предприятий	38. Классификация газопроводов по давлению газа. 39. Одноступенчатые и многоступенчатые системы газоснабжения. 40. Продувка систем газоснабжения. 41. Устройства систем газоснабжения. 42. Схема обвязочных газопроводов. 43. Классификация кранов обвязочных газопроводов. 44. Линия безопасности обвязочного газопровода.
IX	Системы по обеспечению производства продуктами разделения воздуха (азотно-кислородные станции).	45. Методы разделения газовых смесей, их отличительные особенности по чистоте разделения, производительности и себестоимости продукции. 46. Когда применяются методы ректификации, а когда – парциальной конденсации. 47. Устройства, входящие в воздухоразделительные установки. 48. Схема ректификационной колонны. 49. Места отбора продуктов разделения в двойной ректификационной колонне. 50. Отличия установок разделения воздуха высокого, среднего и низкого давления, их сравнение по производительности. 51. Классификация кислорода по его чистоте.

### Балльно-рейтинговая система контроля успеваемости

Задача рейтинговой системы – обеспечение качества знаний за счет систематической работы в течении семестра.

Итоговая оценка по курсу выставляется на основании рейтинговой системы. Максимальное количество баллов, которое студент может набрать за семестр, равно 500. При обучении оцениваются следующие виды работы:

- *Решение индивидуальных контрольных заданий (ИКЗ)* – 100 баллов (20% от общей суммы).



Всего предусмотрено решение 10 контрольных задач, сдаваемые согласно графика работы студентов, сдача контрольной задачи в срок оценивается в 15 баллов, на две недели позже – в 12 баллов, позже сроков – в 10 баллов.

- *Контрольные работы в форме тестирования* – 75 баллов (15% от общей суммы).

*Контрольная работа* выполняется по окончании изучения логически объединённых групп разделов. Всего предусмотрено 6 контрольных работы, выполняемых в виде тестирования на компьютере. При передаче контрольной работы на лучшую оценку или из-за пропуска контрольной работы по неважной причине набранные баллы умножаются на коэффициент 0,75. Более одной передачи не допускается.

- *Контрольные работы* в виде аудиторного решения контрольной задачи – 50 баллов (10% от общей суммы).

Предусмотрено проведение двух контрольных по темам II и VIII.

- *Курсовая работа* – 75 баллов (15% от общей суммы).

Оценивается согласно графику сдачи задач (разделов), их составляющих. Каждая задача (раздел) оценивается в баллах в соответствии с ее сложностью. При сдаче задач (разделов) на две недели позже установленного срока используется коэффициент 0,8 от стоимости, на три и более недель позже – коэффициент 0,6.

- *Выполнение и защита лабораторных работ* – 60 баллов (10% от общей суммы). Оценивается согласно графику сдачи. При сдаче на две недели позже установленного срока используется коэффициент 0,8 от стоимости, на три и более недель позже – коэффициент 0,6.

- *Экзамен* – 150 баллов (30% от общей суммы).

Экзамен проводится в виде тестирования на компьютере (теоретическая часть) и решения практических задач (практическая часть).

Итоговая оценка ставится в соответствии с общей суммой набранных баллов в следующем соответствии:

- «отлично» – 500–450 баллов;

Оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

- «хорошо» – 449–350 баллов;

Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

- «удовлетворительно» – 349–250 баллов;



Оценки *«удовлетворительно»* заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка *«удовлетворительно»* выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе собеседования и при выполнении практических заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

- *«неудовлетворительно»* – менее 250 баллов.

Оценка *«неудовлетворительно»* выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка *«неудовлетворительно»* ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

В начале семестра каждому студенту выдается учебная карточка, в которой указывается стоимость в баллах и график работы (сдачи контрольных работ, выполнения и защиты лабораторных работ, сдачи разделов курсовой работы). В карточке описывается принцип рейтинговой системы и порядок определения итоговой оценки. При выполнении студентом определенной работы (сдачи контрольной работы, задачи или раздела) в карточку выставляется соответствующее количество баллов. Таким образом, студент всегда имеет информацию о графике учебного процесса, результатах своей работы и оценке, на которую он претендует.

В случае пропуска студентом аудиторных занятий и контрольных мероприятий, предусмотренных графиком учебного процесса, по уважительной причине, преподаватель должен предоставить студенту возможность сдать данную тему в часы индивидуальных консультаций преподавателя. Уважительность пропуска студентом учебных занятий подтверждается деканатом.

## **5.2. Перечень тем курсовых работ, их краткое содержание и объем.**

Курсовая работа является заключительным этапом в изучении курса дисциплина. При ее выполнении студент расширяет и закрепляет теоретические и практические знания, полученные при изучении дисциплины, овладевает навыками самостоятельного решения конкретных инженерных задач.

**Курсовая работа** – вид самостоятельной письменной работы, направленный на творческое освоение профильных профессиональных дисциплин (модулей) и выработку соответствующих профессиональных компетенций.

При оценке уровня выполнения курсовой работы в соответствии с поставленными целями для данного вида учебной деятельности контролируются следующие умения, навыки и компетенции:

- умение работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой;
- умение собирать и систематизировать практический материал;



- умение самостоятельно осмысливать проблему на основе существующих методик;
- умение логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы;
- умение пользоваться глобальными информационными ресурсами;
- способность и готовность к использованию основных прикладных программных средств;
- умение проводить необходимые технические расчёты;
- способность создать содержательную презентацию выполненной работы.

Объем курсовой работы составляет 20-30 страниц; трудоёмкость ее выполнения – 36 часов.

**Тема 1. Проектирование систем технического водоснабжения промышленного предприятия.**

#### **Задание**

Предприятие производит строительные материалы, годовой выпуск продукции определяется согласно варианту. На предприятии обратная система водоснабжения, водозабор осуществляют из природного открытого источника. Насосной станцией первого подъема вода подается на станцию очистки природной воды, а затем в накопительные емкости, откуда насосными станциями второго подъема – потребителям. За станцией очистки необходимо установить накопительные емкости для компенсации заданного суточного потребления воды.

Содержание курсовой работы приведено в табл.

#### **Перечень разделов и их содержание**

Наименование	Содержание раздела
Титульный лист и задание	
<b>Введение</b>	Задачи систем технического водоснабжения промышленного предприятия
1. Расчет расхода воды и объема накопительных емкостей	Определение годового и максимального часового расхода воды на предприятии. Расчет объема накопительных емкостей по максимальному расходу воды и графику суточного потребления
2. Выбор оптимального диаметра трубопровода	Гидравлический расчет и вывод уравнения сети, выбор оптимального диаметра трубопровода, обеспечивающего минимум приведенных затрат
3. Выбор оборудования насосной станции	На основе технико-экономического расчета выбор количества и типа насосов, определение их режима работы при максимальном потреблении воды, разработка схемы водозаборного устройства и насосной станции
4. Расчет регулирования подачи	Расчет приведенных затрат при регулировании различными способами на расход воды 75, 50 и 25% от максимального, выбор варианта, требующего наименьших затрат при всех расходах
Библиографический список	

**Графическая часть** содержит схему системы водоснабжения (без соблюдения масштаба). Указывается вся арматура, в том числе и внутри насосной станции. На трубопроводах указывается их длина и диаметр, а также расход и скорость воды при максимальной подаче. Для насосов указывается их тип и потребляемая мощность. Строится напорная характеристика сети.



*Методика выполнения изложена в работе [1, с. 9-33].*

**Тема 2. Проектирование систем технического водоснабжения промышленного предприятия.**

**Задание**

Предприятие производит строительные материалы, годовой выпуск продукции определяется согласно варианту. Система воздухообеспечения включает компрессорную станцию, воздухопроводные линии и оборотный чистый цикл водяного охлаждения компрессоров. Схема воздухопроводной сети, требуемое давление сжатого воздуха у потребителей, нормы расхода сжатого воздуха технологическими потребителями, список оборудования механического цеха заданы согласно варианту. Система оборотного охлаждения компрессоров включает водопроводную линию, насосную станцию и брызгательный бассейн.

Содержание курсовой работы приведено в табл.

**Перечень разделов и их содержание**

Наименование	Содержание раздела
Титульный лист и задание	
<b>Введение</b>	Задачи систем воздухообеспечения промышленного предприятия
1. Расчет расхода воздуха и воздухопроводной сети	Определяется расход воздуха у потребителей и потери в воздухопроводах, расход воздуха на участках воздухопровода, по оптимальной скорости принимается диаметр труб, рассчитывается толщина стенок труб, определяются развиваемое давление и производительность компрессорной станции
2. Выбор оборудования компрессорной станции	На основе технико-экономического расчета выбор числа и типа компрессоров, расчет фактического режима работы компрессоров, определение схемы компрессорной станции, выбор дополнительного оборудования станции, разработка схемы компрессорной станции
3. Расчет оборотной системы охлаждения компрессоров	Расчет расхода воды на охлаждение компрессоров, расчет сопротивления линии охлаждения, выбор насосов, расчет брызгательного бассейна, определение потерь и расхода продувочной воды
Библиографический список	

**Графическая часть** содержит схему системы воздухообеспечения (без соблюдения масштаба). Указывается вся арматура на воздухопроводах, а также вспомогательное оборудование. На участках воздухопроводов указывается их длина, диаметр, сопротивление участка, скорость воздуха и потери воздуха. Для каждого потребителя указывается расход и давление воздуха. Для компрессоров и вспомогательного оборудования указывается их тип, для компрессоров – потребляемая мощность. Схема воздухообеспечения включает оборотную схему водяного охлаждения компрессоров, на которой указываются тип насосов и потребляемая ими мощность, диаметр трубопровода, расход и скорость воды, параметры брызгательного бассейна и потери воды в нем.

*Методика выполнения изложена в работе [1, с. 46-61].*

**Тема 3. Проектирование теплонасосной установки.**

По индивидуальным исходным данным необходимо:



- 1) рассчитать цикл идеального парокомпрессионного теплового насоса для четырех фреонов;
- 2) рассчитать цикл парокомпрессионного теплового насоса с ре-генерацией теплоты для четырех фреонов;
- 3) рассчитать цикл идеального парокомпрессионного теплового насоса с регенерацией теплоты им переохладителем для четырех фреонов;
- 4) сравнить результаты расчета и выбрать наиболее эффективный вариант ТНУ;
- 5) произвести расчет теплообменников для выбранного варианта.

**Содержание графической части:** изображение парокомпрессионного цикла в  $p, h$ - диаграмме.

*Методика и пример выполнения изложены в работе [4, с. 38-73].*

На курсовую работу выдаются индивидуальные задания (в виде перечня тем и исходных данных). Содержание курсовой работы, необходимые теоретические и справочные материалы, методики и примеры расчетов, требования к оформлению расчетно-пояснительной записки имеются в изданных на кафедре учебных пособиях и методических указаниях (работы 1, 4 списка литературы).

### **5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий**

Учебным планом не предусмотрены

### **5.4. Перечень контрольных работ**

Учебным планом не предусмотрены

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Перечень основной литературы**

1. Трубаев П. А., Губарев А.В., Гришко Б.М. Системы энергоснабжения промышленных предприятий: Учеб. пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 199 с. (Рекомендовано федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 140100 – «Теплоэнергетика» специальности 140105 – «Энергетика теплотехнологии». Регистрационный номер рецензии 1721 от «16» 01.2012 МГУП имени Ивана Федорова.)

Экземпляры всего: 66.

2. Чекалина Т. В. Энергоснабжение промышленных предприятий [Электронное издание]: учебное пособие – Новосибирск: НГТУ, 2011. – 136 с.

Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=228939&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=228939&sr=1)

3. Трубаев П. А., Гришко Б.М. Практикум по гидравлическим машинам и компрессорам [Электронное издание].: учеб. пособие – Белгород: Изд-во БГТУ, БИЭИ, 2015. – 108 с.

Электронный ресурс: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2015101311082950700000652150>

4. Трубаев П. А., Гришко Б.М. Тепловые насосы: учеб. пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 143 с. (Допущено УМО по образованию в области энергетики и электротехники в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 140105 – «Энергетика теплотехнологий» и направления подготовки 140100 – «Теплоэнергетика»).

Экземпляры всего: 43.

5. Справочник по энергоснабжению и электрооборудованию промышленных предприятий и общественных зданий [Электронный ресурс]; под ред. Гамазина С.И. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 745 с.

Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/8125>

## 6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Трубаев П. А., Губарев А. В., Гришко Б. М.. Энергетический комплекс промышленных предприятий [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студентов заоч. формы обучения с применением дистанц. технологий по специальности 140105. – Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2010. – 199 с.

Электронный ресурс: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040917310143193200009477>

2. Испытания и эксплуатация насосов и вентиляторов: методические указания к выполнению лабораторных работ/ П.А. Трубаев, В.Г. Чертов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. – 55 с.

Экземпляры всего: 36.

3. Дячек П.И. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учебное пособие. – М.: АСВ, 2012. – 432 с.

Экземпляры всего: 30.

4. Парамонов А.М., Стариков А.П. Системы воздухообеспечения предприятий: Учебное пособие. – М.: Лань, 2011. – 160 с.

Экземпляры всего: 20.

5. Парамонов А.М., Стариков А.П. Системы воздухообеспечения предприятий [Электронный ресурс]. – М.: Лань, 2011. - 151 с.

Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=1801](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1801)

6. Горячев, С. В. Система воздухообеспечения промышленного предприятия [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014. - 99 с.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33656.html>.

7. Павлинова, И. И. Баженов В. И., Губий И. Г. Водоснабжение и водоотведение: учеб. для бакалавров. – М. : Юрайт, 2015. – 472 с.

Экземпляры всего: 50.



8. Самусь О. Р., Овсянников В. М., Кондратьев А. С. Водоснабжение и водоотведение с основами гидравлики: учебное пособие [Электронный ресурс]. – М., Берлин: Директ-Медиа, 2014. 128 с.

Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=253622&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=253622&sr=1)

9. Разинов Ю. И., Суханов П. П. Гидравлика и гидравлические машины: учебное пособие [Электронный ресурс]. – Казань: КГТУ, 2010. – 159 с.

Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=270580&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=270580&sr=1)

10. Трубаев П. А., Беседин П. В., Гришко Б. М. Гидравлические машины и системы технического водоснабжения: Учеб. пособие. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, БИЭИ, 2002. – 132 с.

Экземпляры всего: 52.

11. Трубаев П. А., Беседин П. В., Гришко Б. М. Проектирование систем водоснабжения промышленных предприятий: учеб. пособие. – Белгород: БелГТАСМ, 2002. – 122 с.

Экземпляры всего: 60.

### 6.3. Перечень интернет-ресурсов

1. Grundfos Product Center GPC [Электронный ресурс] / ООО "Грундфос". – Электрон. дан. – М., [201–]. – Режим доступа: <http://product-selection.grundfos.com>, свободный. (Дата обращения 25.12.2015).

2. Основные принципы подбора насосов. Расчет насосов [Электронный ресурс] / ENCE GmbH. – Электрон. дан. – Хергисвиль, Швейцария, [201–]. – Режим доступа: [http://www.ence-pumps.ru/podbor\\_raschet\\_nasosov.php](http://www.ence-pumps.ru/podbor_raschet_nasosov.php), свободный. (Дата обращения 25.12.2015)

3. Wilo-Select 4 online – консультант по насосам Wilo [Электронный ресурс] / Wilo SE. – Электрон. дан. – Дортмунд, Германия, [201–]. – Режим доступа: <https://wilo.com/ru/ru/Библиотека/1Программа-подбора-оборудования-Wilo-Select-4/>, свободный. (Дата обращения 25.12.2015).

4. Гидравлический расчет Online сети водоснабжения [Электронный ресурс] / Лаборатория трубопроводных и гидравлических систем ИСМ СО РАН. – Иркутск, 2014 – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://51.iscm.irk.ru>, свободный. (Дата обращения 25.12.2015).

5. Самостоятельное изучение ГИС ZULU [Электронный ресурс] / ООО Поли-терм – СПб., [1999-201–]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://www.politerm.com/products/geo/zulugis>, свободный. (Дата обращения 25.12.2015).

6. АВОК - Некоммерческое Партнерство инженеров по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике [Электронный ресурс] / НП АВОК – Электрон. дан. – М., [1991-201–]. – Режим доступа: <http://www.abok.ru>, свободный. (Дата обращения 25.12.2015).

7. Трубаев, П.А. Энергетический комплекс промышленных предприятий. Ч. 1. Системы энергоснабжения промышленных предприятий [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студентов заоч. формы обучения с применением дистанц. техно-



логий по специальности 140105 / П. А. Трубаев, А.В. Губарев, Б.М. Гришко. – Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2010. – Режим доступа: [https://elib.bstu.ru/Reader/Book/201304091\\_7310143193200009477](https://elib.bstu.ru/Reader/Book/201304091_7310143193200009477), по регистрации. (Дата обращения 25.12.2015).

8. Шульц, Т.А. Теплоэнергетическое оборудование и энергосбережение [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Шульц Т. А. – М.: МИСиС, 2007. – Режим доступа <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/6580>, по регистрации (Дата обращения 25.12.2015).

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные занятия - аудитория, оснащенная письменными столами, стульями, доской для рисования маркером, проекционным оборудованием.

Практические занятия - аудитория, оснащенная письменными столами, доской для рисования маркером, проекционным оборудованием.

Лабораторные занятия - компьютерный класс.

### **Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

1. Программа «Pump – Расчет и регулирование насосов и насосных станций», содержащая каталог насосов типа «К» и «Д» и позволяющая решать задачи выбора насосов, исследования работы насосов и насосных установок в сети, выбора наиболее экономичного способа регулирования (разработка кафедры).

2. Программа автоматической проверки результатов решения РГЗ и ведения базы данных, включающей всех студентов учебных групп, по срокам сдачи и количеству решенных задач, входящих в РГЗ (разработка кафедры).

3. MyTest X - система программ для тестирования (Лицензия на БГТУ им. В.Г. Шухова от 21/12/2010).

### **СПИСОК технических средств, имеющейся в лаборатории ТСО**

1. Газожидкостные течения в элементах насосов (кинофильм, 2 части, 16 мм)
2. Динамика и регулирование гидро и пневмосистем (кинофильм, 2 части, 16 мм)
3. Кавитация в лопастных насосах (кинофильм, 2 части, 16 мм)
4. КИП систем тепло и газоснабжения (диафильм, 1 часть)
5. Компрессорные установки (кинофильм, 2 части, 16 мм)
6. Лопастные насосы, применяемые в системах водоотведения (диапозитивы)
7. Лопастные насосы, применяемые в системах водоснабжения (диапозитивы)
8. Местные гидравлические сопротивления (кинофильм, 2 части, 16 мм)
9. Насосы (диафильм, 1 часть)
10. Перемещение жидкостей (диафильм, 3 части)
11. Перемещение и сжатие газов (диафильм, 3 части)
12. Поршневые насосы, применяемые на очистных сооружениях систем водоснабжения и водоотведения (диапозитивы)
13. Тепловые насосы (кинофильм, 2 части, 16 мм)
14. Фрагменты по промышленной теплоэнергетике (кинофильм, 1 часть, 16 мм)
15. Холодильные установки и машины (кинофильм, 1 часть, 16 мм)



## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1. Методические рекомендации для обучаемого по освоению дисциплины

Дисциплина представляет собой неотъемлемую составную часть подготовки студентов по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника".

Целью преподавания дисциплины является формирование у студентов теоретических и практических навыков, необходимых при проектировании систем газоснабжения, водоснабжения, воздухообеспечения промышленных предприятий, азотно-кислородных станций; холодильных и теплонасосных установок для трансформации теплоты, а также оптимальной эксплуатации этих систем и установок.

Занятия проводятся в виде лекций, лабораторных и практических занятий. Большое значение для изучения курса имеет самостоятельная работа студентов.

Распределение материала дисциплины по темам и требования к ее освоению содержатся в рабочей программе дисциплины, которая определяет содержание и особенности изучения курса.

Формы контроля знаний студентов предполагают текущий и итоговый контроль. Текущий контроль знаний проводится путем тестирования, решения контрольных задач у доски, консультирования в процессе выполнения расчетно-графической работы.

Итоговый контроль состоит из защиты курсовой работы и собеседования по теоретическому материалу и практическим навыкам решения задач.

### Методические указания студентам по самостоятельному изучению дисциплины

Самостоятельная работа является главным условием успешного освоения изучаемой учебной дисциплины и формирования высокого профессионализма будущих специалистов. Глубокое освоение дисциплины возможно лишь при систематической самостоятельной работе студента, требующей осмысления и повторения пройденного материала.

Исходный этап изучения курса – ознакомление с рабочей программой, характеризующей границы и содержание учебного материала, который подлежит освоению. Изучение отдельных тем курса необходимо осуществлять в соответствии с поставленными в них целями, их значимостью, основываясь на содержании и вопросах, поставленных в лекции преподавателя и приведенных в методических указаниях к лабораторным занятиям. В учебниках и учебных пособиях, представленных в списке основной и дополнительной литературы, содержатся возможные ответы на поставленные вопросы. При подготовке к контролю знаний учебный материал, усвоенный студентом в семестре, систематизируется, уточняется и становится основой целостного восприятия фундаментальных знаний по изучаемой дисциплине.

Предполагается, что студент изучает и усваивает соответствующие разделы конспекта лекций и учебных пособий при подготовке к практическим и лабораторным занятиям, особенно при подготовке к защите лабораторных работ и расчетно-графической работы. При этом используются методические указания к выполнению лабораторных работ и контрольные вопросы к каждой лабораторной работе. Значи-



тельное внимание уделяется оформлению результатов каждой выполненной лабораторной работы, так как именно здесь студент получает и усваивает навыки работы с техническими документами.

Важнейшей частью самостоятельной работы студента является выполнение курсовой работы. Здесь студент осваивает методику и получает навыки инженерных расчетов. Каждый студент получает индивидуальное задание, максимально приближенное к реальным инженерным проблемам, и выполняет его с помощью методических указаний и консультаций преподавателя. Решение типовых задач на практических занятиях помогает студенту более осмысленно воспринимать содержание расчетных методов курсовой работы.

Успешное освоение курса дисциплины возможно лишь при систематической работе, требующей глубокого осмысления и повторения пройденного материала, что определяет применяемая балльно-рейтинговая система.

### **Содержание разделов дисциплины**

#### ***Понятие об энергокомплексе промышленного предприятия***

[1, С. 3–88]

Характеристика энергоресурсов промышленного предприятия. Состав энергокомплекса промышленного предприятия. Особенности расчета и моделирования энергокомплекса промышленных предприятий.

#### ***Теория и методы расчета работы нагнетателей в сети***

[11, С. 4–17, 18–21, 30,31, 32–47, 63–83]

Классификация нагнетателей. Подача, давление и напор, развиваемые нагнетателями. Единицы измерения давления. Работа, мощность и КПД нагнетателей. Графические характеристики нагнетателей.

Сопротивление и напорная характеристика сети для перемещения жидкостей. Устойчивость работы сети (помпаж). Совместная работа нагнетателя и сети. Регулирование подачи. Параллельное соединение. Последовательное соединение. Работа нагнетателей в распределенной сети. Регулирование установки из нескольких нагнетателей.

Конструкция центробежных машин. Пересчет характеристик центробежных машин. Регулирование подачи. Центробежные насосы. Кавитация и допустимая высота всасывания.

#### ***Системы технического водоснабжения промышленных предприятий***

[1, С. 9–17]

Классификация потребителей технической воды. Устройства системы технического водоснабжения. Классификация и схемы систем водоснабжения по принципу повторного использования воды. Баланс воды предприятия. Потери воды в оборотных системах водоснабжения. Продувка.

#### ***Насосные станции систем технического водоснабжения***

[1, С. 18–33]



Классификация насосных станций. Схемы насосных станциях. Выбор насосов по каталогам и приводов. Выбор числа насосов в насосной станции. Устройства для охлаждения воды в оборотных системах. Расчет брызгательных бассейнов. Очистка промышленных сточных вод.

### ***Системы воздухообеспечения промышленных предприятий***

[1, С. 35–62]

Состав систем воздухообеспечения и компрессорных станций. Основные типы потребителей сжатого воздуха на производстве. Приближенный и уточненный расход воздуха у потребителей. Производительность компрессорных станций и потери воздуха в сети. Расчет воздухопроводной сети.

### ***Оборудование компрессорных станций***

[1, С. 63–111]

Выбор компрессоров для систем воздухообеспечения. Воздухозаборный устройства и фильтры для очистки воздуха. Промежуточные и концевые холодильники. Влажомаслоотделители. Установки для осушки сжатого воздуха. Рессиверы. Системы водоснабжения компрессорных станций. пример расчета компрессорных станций.

### ***Установки для трансформации теплоты (холодильные, теплонасосные)***

[4, С. 5–38]

Назначение и область применения установок для трансформации теплоты. Классификация установок для трансформации теплоты по принципу действия. Схема и цикл в  $T$ ,  $S$ - и  $p$ ,  $v$ -диаграммах идеальной установки для трансформации теплоты. Схема и циклы в  $T$ ,  $S$ - и  $p$ ,  $v$ -диаграммах идеальной пароконденсационной установки для трансформации теплоты. Энергетические характеристики эффективности работы установок. Схемы и циклы в  $p$ ,  $v$ -диаграмме реальных пароконденсационных установок: без переохладителя, с переохладителем. с промежуточным регенеративным теплообменником. Методы расчета установок. Компоновка и составные элементы установок.

### ***Системы газоснабжения промышленных предприятий***

[1, С. 140–166]

Классификация газопроводов. Классификация систем промышленного газоснабжения. Устройства систем газоснабжения. Схемы заводского и внутрицехового газопроводов. Обязочные газопроводы. Режим работы газовой сети низкого давления. Расчет газопроводных сетей. Регулирование газопроводных сетей. Внутренние источники газового топлива на промышленном предприятии.

### ***Системы по обеспечению производства продуктами разделения воздуха (азотно-кислородные станции)***

[1, С. 167–172]

Назначение систем. Характеристики продуктов разделения воздуха. Методы разделения газовых смесей. Ректификационные колонны. Состав установок по разделению воздуха.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 20/02017 учебный год.

Протокол № 9 заседания кафедры от «26» 05 2016 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (В.П. Кожевников)

Подпись ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ (А.В. Белоусов)

Подпись ФИО



## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2017/2018 учебный год.

Протокол № 9 заседания кафедры от «15» 05 2017 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (В.П. Кожевников)

Подпись ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ (А.В. Белоусов)

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2018/2019 учебный год.

Протокол № 12 заседания кафедры от «24» 05 2018 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (В.П. Кожевников)

Подпись ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ (А.В. Белоусов)



## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2019 /20 учебный год.

Протокол № 12 заседания кафедры от «\_13\_» июня 2019 г.

Зам. заведующего кафедрой  Ю.В. Васильченко

Директор института  А.В. Белоусов