

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

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института ЭИТУС  
канд. техн. наук, доц. Белоусов А.В.  
« 20 » 05 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины (модуля)

**Энергетический комплекс**  
**промышленных предприятий**

Направление подготовки (специальность):

**13.03.01 – ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Направленность программы (профиль, специализация):

**Энергетика теплотехнологии**  
**Энергообеспечение предприятий**

Квалификация

**бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Институт: Энергетики, информационных технологий и управляющих систем

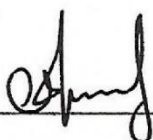
Кафедра: Энергетики теплотехнологии

Белгород 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утв. приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 143;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.


Составители: д-р техн. наук, доцент

 (П.А. Трубаев)

Рабочая программа обсуждена на заседании энергетики  
теплотехнологии

« 22 » 04 20 21 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой  
Энергетики теплотехнологии  
канд. техн. наук, доцент

 (Ю.В. Васильченко)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 20 » 05 20 21 г., протокол № 9

Председатель  
канд. техн. наук, доцент

 (А.Н. Семернин)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели оценивания результата обучения по дисциплине
<p>Профессиональные компетенции по типам задач профессиональной деятельности (производственно-технологический)</p>	<p>ПК-4. Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства</p>	<p>ПК-4.2. Разрабатывает схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства</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;</li> <li>• средства и методы проектирования и расчета систем энергоснабжения в части тепло-энергетического оборудования.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• производить гидравлический расчет водяных и воздухопроводных сетей; производить выбор оборудования в системах энергоснабжения.</li> <li>• обеспечить эффективную эксплуатацию водяных и воздухопроводных сетей; оборудования в системах водо-, газо-, воздухообеспечения промышленных предприятий, системы обеспечения продуктами разделения воздуха.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками расчетов энергопотребления нагнетателей, выбора наиболее эффективного способа регулирования работы нагнетателей в сети;</li> <li>• навыками энергоэффективной эксплуатации и регулирования при работе нагнетателей в сети.</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ПК-4.** Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Образовательная программа (профиль): Энергетика теплотехнологий

Стадия	Наименования дисциплины
1	История развития энергетики
2	Теплофизические основы и организация технологических процессов
3	Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки
4	Паротеплогенерирующие установки промышленных предприятий
5	Нагнетатели и тепловые двигатели
6	Организация безопасной эксплуатации тепломеханического оборудования объектов энергетики
7	Термовлажностные и низкотемпературные теплотехнологические процессы и установки
8	Проектирование и эксплуатация высокотемпературных установок
9	Энергетический комплекс промышленных предприятий
10	Основы трансформации тепла и процессов охлаждения; Теплонасосные установки в энергетике (по выбору)
11	Производственная технологическая практика
12	Производственная преддипломная практика
13	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Образовательная программа (профиль): Энергообеспечение предприятий

Стадия	Наименования дисциплины
1	История развития энергетики
2	Теплофизические основы и организация технологических процессов
3	Физическая химия. Основы водоподготовки
4	Котельные установки и парогенераторы
5	Нагнетатели и тепловые двигатели
6	Организация безопасной эксплуатации тепломеханического оборудования объектов энергетики
7	Тепломассообменное оборудование предприятий
8	Источники и системы теплоснабжения
9	Энергетический комплекс промышленных предприятий
10	Тепловые электрические станции; Теоретические основы работы энергосиловых установок (по выбору)
11	Электроснабжение предприятий и электрооборудование (по выбору)
12	Производственная технологическая практика
13	Производственная преддипломная практика
14	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки: 6 зач. единиц

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 8
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в том числе:</b>	71	71
лекции	33	33
лабораторные	11	11
практические	22	22
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	145	145
Курсовой проект	54	54
Курсовая работа	–	–
Расчетно-графическое задание	–	–
Индивидуальное домашнее задание	–	–
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	55	55
Экзамен	36	36

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Курс 4 Семестр 8

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
I	<b>Понятие об энергокомплексе промышленного предприятия</b> Характеристика энергоресурсов промышленного предприятия. Состав энергокомплекса промышленного предприятия. Особенности расчета и моделирования энергокомплекса промышленных предприятий.	1	–	–	1
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. 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.	11	8	4	22

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лек- ции	Практиче- ские заня- тия	Лабора- торные занятия	Самосто- ятельная работа
	Конструкция центробежных машин. Пересчет характеристик центробежных машин. Регулирование подачи. Центробежные насосы. Кавитация и допустимая высота всасывания.				
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.	4	4	4	12
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.	4	4	3	9
V	<b>Системы воздухоснабжения промышленных предприятий</b> Состав систем воздухоснабжения 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.	4	4	–	4
VI	<b>Оборудование компрессорных станций</b> Выбор компрессоров для систем воздухоснабжения. Воздухозаборный устройства и фильтры для очистки воздуха. Промежуточные и концевые холодильники. Влагомасоотделители. Установки для осушки сжатого воздуха. Рессиверы. Системы водоснабжения компрессорных станций. пример расчета компрессорных станций.	4	2	–	4
VII	<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.	4	–	–	2

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
VII	<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.	2	–	–	1
	<b>Итого</b>	33	22	11	55

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Курс 4 Семестр 8

№ 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	2	2
2	II	Гидравлический расчет сети системы водоснабжения.	2	2
3	II	Работа нагнетателей в водопроводной и воздухопроводной сетях.	2	2
4	II	Регулирование водопроводной и воздухопроводной сетей.	2	2
5	III	Совместная работа нагнетателей в насосных станциях.	2	2
6	III	Работа нагнетателей в распределенной водопроводной сети.	2	2
7	IV	Регулирование нагнетателей в насосных станциях	2	2
8	IV	Выбор насосов и проектирование насосной станции	2	2
9	V	Теория сжатия газа в компрессорах	2	2
10	V	Расчет воздухопроводной сети	2	2
11	VI	Расчет параметров поршневого насоса.	2	2
		<b>Итого</b>	22	22

#### 4.3. Содержание лабораторных занятий

Курс 4 Семестр № 8

№ п/п	№ разд.	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1	II	Выбор и регулирование насоса	4	4
2	III	Параллельная работа насосов и их регулирование	4	4
3	IV	Регулирование насосной станции	3	3
		<b>Итого</b>	11	11

#### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Тематика (темы) курсовых проектов:

1. Проектирование систем технического водоснабжения промышленного предприятия.
2. Проектирование систем технического водоснабжения промышленного предприятия.

3. Проектирование теплонасосной установки для утилизации теплоты оборотной воды.

Объем пояснительной записки к курсовому проекту составляет 30 страниц, объем графической части – 2 листа; трудоёмкость ее выполнения – 36 часов.

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).

В процессе выполнения курсового проекта/ работы осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитории и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

**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.

### **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.



**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.

**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.

**Тема 3. Проектирование теплонасосной установки для утилизации теплоты оборотной воды.**

**Задание**

Для заданных расхода и температур охлаждаемой оборотной воды промышленного предприятия выполнить конструктивные расчеты и выбрать оборудование теплонасосной установки для замены градирни.

## Перечень разделов и их содержание

Наименование	Содержание раздела
Титульный лист и задание	
<b>Введение</b>	Особенности использования теплонасосных установок для утилизации низкопотенциальной теплоты
1. Выбор параметров термодинамического цикла и хладагента	Проведение термодинамических расчетов теплонасосных циклов, сравнение вариантов, выбор оптимального варианта, расчет основных показателей теплонасосной установки
2. Расчет теплообменников теплонасосной установки	Выполнение конструктивных расчетов и компоновки трубных пучков теплообменников
3. Техничко-экономическая оценка проекта	Выполнение технико-экономической оценки выполненного проекта методом жизненного цикла
Выводы	Анализ основных полученных результатов
Библиографический список	

**Графическая часть** содержит изображение выбранного цикла в  $p, p$  диаграмме, чертежи теплообменника.

### 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Не предусмотрено учебным планом

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

**1. Компетенция ПК-1. Способен к разработке схем размещения ОПД в соответствии с технологией производства**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-4.2. Разрабатывает схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства	Экзамен, дифференцированный зачет при защите курсового проекта, защита лабораторных работ, тестовый контроль, решение контрольных задач, индивидуальные контрольные задания.

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

#### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (тематика тестовых вопросов) для экзамена
I	Понятие об энергокомплексе промышленного	1. Геометрические расчеты для трубопроводов, связь диаметра, скорости и расхода.

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (тематика тестовых вопросов) для экзамена
	предприятия (ПК-4.2)	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 нагнетателей в сети (ПК-4.2)	13. Характеристики насосов и вентиляторов. 14. КПД насоса и насосной установки. 15. Поле рабочих параметров. 16. Напорная характеристика сети (проектируемой и действующей). 17. Работа нагнетателя в сети. 18. Регулирование нагнетателей. 19. Параллельная работа насосов. 20. Пересчет характеристик насосов при изменении частоты вращения.
III	Системы технического водоснабжения промышленных предприятий (ПК-4.2)	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 (ПК-4.2)	25. Классификация насосных станций. 26. Классификация и сравнительные особенности устройств охлаждения оборотной воды. 27. Устройства водоочистки.
V	Системы воздушноснабжения промышленных предприятий (ПК-4.2)	28. Особенности использования сжатого воздуха в качестве силового привода. 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 (ПК-4.2)	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	Системы газоснабжения промышленных предприятий (ПК-4.2)	35. Классификация газопроводов по давлению газа. 36. Одноступенчатые и многоступенчатые системы газоснабжения. 37. Продувка систем газоснабжения. 38. Устройства систем газоснабжения. 39. Схема обвязочных газопроводов. 40. Классификация кранов обвязочных газопроводов. 41. Линия безопасности обвязочного газопровода.

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (тематика тестовых вопросов) для экзамена
VII	Системы по обеспечению производства продуктами разделения воздуха (азотно-кислородные станции) (ПК-4.2)	<p>42. Методы разделения газовых смесей, их отличительные особенности по чистоте разделения, производительности и себестоимости продукции.</p> <p>43. Когда применяются методы ректификации, а когда – парциальной конденсации.</p> <p>44. Устройства, входящие в воздухоразделительные установки.</p> <p>45. Схема ректификационной колонны.</p> <p>46. Места отбора продуктов разделения в двойной ректификационной колонне.</p> <p>47. Отличия установок разделения воздуха высокого, среднего и низкого давления, их сравнение по производительности.</p> <p>48. Классификация кислорода по его чистоте.</p>

### **5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы**

Тема 1. Проектирование систем технического водоснабжения промышленного предприятия (ПК-4.2).

1. Расчет расхода воды и объема накопительных емкостей.
2. Выбор оптимального диаметра трубопровода.
3. Выбор оборудования насосной станции.
4. Расчет регулирования подачи.

Тема 2. Проектирование систем технического водоснабжения промышленного предприятия (ПК-4.2).

1. Расчет расхода воздуха и воздухопроводной сети.
2. Выбор оборудования компрессорной станции.
3. Расчет оборотной системы охлаждения компрессоров.

Тема 3. Проектирование теплонасосной установки для утилизации теплоты оборотной воды (ПК-4.2).

1. Задачи, решаемые на предприятиях и объектах энергетики с использованием тепловых насосов.
2. Этапы проектирования теплонасосных установок и критерий оптимальности.
3. Выбор и расчет теплообменных устройств.

### **5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре**

#### **5.3.1. Тестовый контроль**

**Текущий тестовый контроль** предназначен для выяснения уровня знаний студента по каждому изученному разделу дисциплины. Он проводится на практических занятиях без использования учебников и конспектов.

## Перечень тем текущего контроля (ПК-4.2)

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

## Примеры тестовых заданий

### ВВЕДЕНИЕ. ПОНЯТИЕ ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

1. Что входит во внутренние энергоресурсы предприятия? (отметьте один или несколько пунктов)
  - теплота отходящих газов
  - электроэнергия
  - природный газ
  - избыточное давление газов
  - твердое и жидкое топливо
2. 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
3. Какие из перечисленных систем входят в энергокомплекс промышленного предприятия? (отметьте один или несколько пунктов)
  - пароснабжения
  - хладоснабжения
  - технического водоснабжения
  - газоснабжения
  - воздухообеспечения
  - теплоснабжения
4. 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
5. 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
  - воздухообеспечительные станции
  - теплоэлектроцентрали
7. Что входит в устройства и сооружения для выработки энергоресурсов? (отметьте один или несколько пунктов)
  - газораспределительные станции
  - воздухообеспечительные станции
  - центральные тепловые пункты
  - котельные
  - теплоэлектроцентрали
8. Что входит в установки и сооружения по утилизации и использованию вторичных энергоресурсов? (отметьте один или несколько пунктов)
  - воздухообеспечительные 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 (помпажа)

**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 оппозитные
6) ВШ	е) прямоугольные

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

**17. Крейцкопфт – это устройство для ...**

- снижения 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 использования 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  $\text{CH}_4$ ? (выберите один или несколько пунктов)  
 природные, добываемые из газовых месторождений  
 природные попутные  
 сухой перегонки  
 генераторные
25. Какие газы в основном состоят из водорода  $\text{H}_2$ , оксида углерода  $\text{CO}$  и азота  $\text{N}_2$ ? (выберите один или несколько пунктов)  
 природные, добываемые из газовых месторождений  
 природные попутные  
 сухой перегонки  
 генераторные
26. Определите объем газа при температуре  $273^\circ\text{C}$  и абсолютном давлении  $0,4\text{ МПа}$ , если при нормальных условиях объем газа равен  $10\text{ м}^3$ .  
( )  $5\text{ м}^3$   
( )  $6,67\text{ м}^3$   
( )  $15\text{ м}^3$   
( )  $20\text{ м}^3$   
( )  $40\text{ м}^3$
27. Резкий запах одоранта должен ощущаться при концентрации природного газа в воздухе  
( ) не превышающей нижнего предела взрываемости  
( ) не превышающей  $\frac{1}{2}$  нижнего предела взрываемости  
( ) не превышающей  $\frac{1}{4}$  нижнего предела взрываемости  
( ) не превышающей  $\frac{1}{5}$  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  $1\text{ кПа}$   
( ) менее  $100\text{ кПа}$   
( ) менее  $500\text{ кПа}$   
( ) менее  $300\text{ кПа}$   
( ) менее  $5\text{ кПа}$
32. Какое избыточное давление газа в газопроводах среднего давления?  
( )  $300\text{-}500\text{ кПа}$   
( )  $500\text{-}1000\text{ кПа}$   
( )  $1000\text{-}2000\text{ кПа}$   
( )  $5\text{-}300\text{ кПа}$   
( )  $2000\text{-}5000\text{ кПа}$
33. Какое избыточное давление газа в газопроводах высокого давления II категории?  
( )  $500\text{-}1000\text{ кПа}$   
( )  $5\text{-}300\text{ кПа}$   
( )  $100\text{-}500\text{ кПа}$   
( )  $600\text{-}900\text{ кПа}$   
( )  $300\text{-}600\text{ кПа}$
34. Какое избыточное давление газа в газопроводах высокого давления I категории?  
( )  $600\text{-}1200\text{ кПа}$   
( )  $300\text{-}600\text{ кПа}$   
( )  $1000\text{-}2000\text{ кПа}$   
( )  $2000\text{-}5000\text{ кПа}$   
( )  $500\text{-}900\text{ кПа}$
35. Какая оптимальная скорость газа в газопроводной сети?  
( )  $0,5\text{...}1\text{ м/с}$   
( )  $1\text{...}2\text{ м/с}$   
( )  $2\text{...}3\text{ м/с}$   
( )  $20\text{...}30\text{ м/с}$

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 теплоты 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, используемых при разделении газовых смесей.
- инерционные
  - диффузионные
  - адсорбционные
  - конденсатно-испарительные
  - механические
  - термоэлектрические
46. Процесс разделения газовых смесей путем многократного испарения оживленной 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) ректификации            | 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 установки
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 криообеспечения установок разделения воздуха.

- газораспределительная станция
- ресивер
- рефрижератор (теплообменник)
- градирня
- компрессор
- дроссельный вентиль (детандер)

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.

### 5.3.2. Решение контрольных задач

Предназначено для выяснения уровня знаний студента по практическим навыкам проведения расчетов. Проводятся на практических занятиях по индивидуальным заданиям.

№	Контрольные работы (проводятся в форме решения задач)
1	Работа насосов в сети (ПК-4.2)
2	Тепловые насосы (ПК-4.2)

#### Примеры контрольных задачи для текущего контроля (ПК-4.2)

**Задача 1.** Согласно заданным 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 два варианта)

1	L= 1200 м d= 100 мм H <sub>под</sub> = 8 м	К 50-32-125	Q, м <sup>3</sup> /ч	0	5	10	15	20
			H, м	21	21,5	21	18,5	13,5
			$\eta$ , %	0	27	47	52	45
2	L= 1400 м d= 120 мм H <sub>под</sub> = 12 м	К 65-50-160	Q, м <sup>3</sup> /ч	0	10	20	30	35
			H, м	37	36	34	28	24
			$\eta$ , %	0	35	60	62	60

**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 два варианта)

1	L= 1200 м	d= 130 мм	K 50-32-125 n=2900	Q, м <sup>3</sup> /ч	0	5	10	15	20
				H, м	21	21,5	21	18,5	13,5
H <sub>под</sub> = 8 м	n2=2600	□, %	0	27	47	52	45		
2	L= 1400 м	d= 150 мм	K 65-50-160 n=2900	Q, м <sup>3</sup> /ч	0	10	20	30	35
				H, м	37	36	34	28	24
H <sub>под</sub> = 12 м	n2=2600	□, %	0	35	60	62	60		

### 5.3.3. Индивидуальные контрольные задания (ПК-4.2)

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 энергопотребления нагнетателей, выбора наиболее эффективного способа регулирования работы нагнетателей в сети. ВРР выполняются студентами самостоятельно во время, отведенной для самостоятельной работы.

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  $H = 0,2 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2$ , 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.

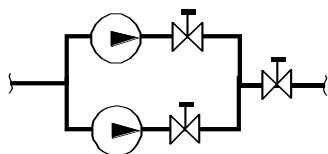


Схема насосной установки

#### 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

### 5.3.4. Перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ

В методических указаниях к выполнению лабораторных работ по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, для каждой работы указана цель, имеются необходимые теоретические сведения (разобраны основные понятия по теме работы и произведено описание лабораторной установки) и методические указания к порядку выполнения и обработке результатов, приведен перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после допуска к выполнению, выполнения (снятия показаний приборов), обработки результатов, оформления отчета, проверки правильности выполнения задания. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ представлен далее.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1.	Лабораторная работа № 1. Выбор и регулирование насоса (ПК-4.2)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что представляют собой напорные характеристики насоса и сети?</li> <li>2. Что такое рабочая точка, как она определяется?</li> <li>3. Опишите устройство насосов типа «К», «В», «Д» и «ЦНС».</li> <li>4. Что такое поле рабочих параметров (рабочая часть) насосов?</li> <li>5. Что такое регулирование насоса? Какие существуют основные способы регулирования?</li> <li>6. При каких способах регулирования наименьшее потребление электроэнергии и наименьшие капитальные затраты?</li> <li>7. Какие, кроме изменения частоты вращения и дросселирования, существуют способы регулирования лопастных насосов?</li> <li>8. Как изменяется поле рабочих параметров насоса при изменении ча-</li> </ol>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		<p>стоты вращения и дросселировании?</p> <p>9. Приведите формулы пересчета характеристик насоса при изменении частоты вращения.</p> <p>10. Как строятся графические характеристики насоса при другой частоте вращения? Что такое линии подобия?</p> <p>11. Объясните способы нахождения режима работы насоса при регулировании подачи вентилем, установленным в насосной установке и в сети.</p> <p>12. Объясните способы нахождения режима работы насоса при регулировании путем изменения частоты вращения.</p> <p>13. Почему при загрязнении труб увеличивается их сопротивление?</p>
2.	Лабораторная работа № 2. Параллельная работа насосов и их регулирование (ПК-4.2)	<p>1. В каких случаях применяется параллельная установка насосов? Как определяются суммарные подача, напор и мощность в установке из параллельных насосов?</p> <p>2. Почему в установке из двух параллельных насосов более широкий диапазон регулирования, чем у одного насоса (при одинаковой суммарной подаче установки и насоса)?</p> <p>3. Сравните подачу, напор и мощность установки из двух параллельных одинаковых насосов и одного из этих насосов, если бы он работал в этой же сети отдельно?</p> <p>4. При работе установки из двух параллельных насосов один из них отключается. Как изменятся напор, подача и мощность второго продолжающего работать насоса?</p> <p>5. Какие меры необходимо принимать, если один из параллельно работающих насосов отключается?</p> <p>6. Опишите предельный случай при параллельной работе разных насосов.</p> <p>7. Что такое «распределенная сеть»?</p> <p>8. Опишите способы регулирования установок из нескольких насосов.</p> <p>9. Приведите формулы пересчета характеристик насоса при изменении частоты вращения.</p> <p><b>10. Какой усредненный КПД установки из параллельных насосов?</b></p>
3.	Лабораторная работа № 3. Регулирование насосной станции (ПК-4.2)	<p>1. Классификация насосных станций.</p> <p>2. Какого типа насосные станции рассчитываются на равномерную подачу, а для каких необходимо учитывать регулирование?</p> <p>3. Требования к схемам водопроводных линий в насосных станциях.</p> <p>4. Количество линий и скорость воды в нагнетающих и всасывающих трубопроводах насосных станций.</p> <p>5. Требования к надежности работы насосных станций. На что влияет категория надежности?</p> <p>6. Выбор числа насосов в насосной станции.</p> <p>7. Сравнение синхронных и асинхронных двигателей как приводов насосов.</p> <p>8. Способы регулирования подачи лопастных насосов, сравнение способов.</p> <p>9. Способы регулирования подачи установки из нескольких параллельных насосов.</p> <p>10. Что такое поле рабочих параметров насоса?</p> <p>11. Какие составляющие входят в напорную характеристику сети?</p> <p>12. Объясните смысл слагаемых в выражении (27). Зачем в нем используется коэффициент «2»?</p>

## 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

### Балльно-рейтинговая система контроля успеваемости

Итоговая оценка по курсу выставляется на основании рейтинговой системы. Задача рейтинговой системы – обеспечение качества знаний за счет систематической работы в течении семестра. Максимальное количество баллов, которое студент может набрать за семестр, равно 500. 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.

- *Тестовый контроль* – 75 баллов (15% от общей суммы).

*Тестовый контроль осуществляется* по окончании изучения разделов дисциплины. Всего предусмотрено 6 контрольных тестов, выполняемых на компьютере. При пересдаче контрольной работы на лучшую оценку или из-за пропуска по неуважительной причине набранные баллы умножаются на коэффициент 0,75. Более одной пересдачи не допускается.

- *Решение контрольных задач* – 50 баллов (10% от общей суммы).

Проводится в виде аудиторного решения контрольной задачи. Предусмотрено проведение двух контрольных по темам II и VIII.

- *Курсовой проект* – 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 и решения практических задач.

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.

## Промежуточная аттестация в форме экзамена

Используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично. Итоговая оценка ставится в соответствии с общей суммой набранных баллов в следующем соответствии:

- «отлично» – 500–450 баллов;
- «хорошо» – 449–350 баллов;
- «удовлетворительно» – 349–250 баллов;
- «неудовлетворительно» – менее 250 баллов.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
ПК-4. Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства ПК-4.2. Разрабатывает схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства	
Знания	<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;</li> <li>– средства и методы проектирования и расчета систем энергоснабжения в части теплоэнергетического оборудования.</li> </ul>
Умение	<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– производить гидравлический расчет водяных и воздухопроводных сетей; производить выбор оборудования в системах энергоснабжения.</li> <li>– обеспечить эффективную эксплуатацию водяных и воздухопроводных сетей; оборудования в системах водо-, газо-, воздухообеспечения промышленных предприятий, системы обеспечения продуктами разделения воздуха.</li> </ul>
Владение	<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками расчетов энергопотребления нагнетателей, выбора наиболее эффективного способа регулирования работы нагнетателей в сети;</li> <li>– навыками энергоэффективной эксплуатации и регулирования при работе нагнетателей в</li> </ul>

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Показатели оценивания результата обучения по дисциплине

Оценка сформированности компетенций по показателю «Знания».

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знать: структуру энергетического комплек-	Отсутствие по-	Наличие пороговых знаний в	Наличие достаточных знаний в	Наличие глубоких и исчерпы-

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
са промышленного предприятия, схемы водо-, газо-, воздухообеспечения промышленных предприятий, системы обеспечения продуктами разделения воздуха, основное оборудование и параметры этих сетей	роговых знаний в объеме материала рабочей программы дисциплины.	объеме материала рабочей программы дисциплины, знание основной рекомендованной литературы	объеме материала рабочей программы дисциплины, знание основной и дополнительно рекомендованной литературы	вающих знаний в объеме материала рабочей программы, знание основной и дополнительно рекомендованной литературы.
Знать: принципы, законы и методики гидравлического расчета сетей и энергоэффективной работы нагнетателей в сетях	Отсутствие пороговых знаний в объеме материала рабочей программы дисциплины.	Наличие пороговых знаний в объеме материала рабочей программы дисциплины, знание основной рекомендованной литературы	Наличие достаточных знаний в объеме материала рабочей программы дисциплины, знание основной и дополнительно рекомендованной литературы	Наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме материала рабочей программы, знание основной и дополнительно рекомендованной литературы.
Знать: средства и методы проектирования и расчета систем энергообеспечения в части теплоэнергетического оборудования.	Отсутствие пороговых знаний в объеме материала рабочей программы дисциплины.	Наличие пороговых знаний в объеме материала рабочей программы дисциплины, знание основной рекомендованной литературы	Наличие достаточных знаний в объеме материала рабочей программы дисциплины, знание основной и дополнительно рекомендованной литературы	Наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме материала рабочей программы, знание основной и дополнительно рекомендованной литературы.

### Оценка сформированности компетенций по показателю «Умение»

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Уметь: производить гидравлический расчет водяных и воздухопроводных сетей; производить выбор оборудования в системах энергообеспечения	Неумение решать задачи в рамках содержания дисциплины и формируемых компетенций.	Умение решать задачи в рамках содержания дисциплины и формируемых компетенций при наличии постоянного контроля.	Умение самостоятельно решать задачи в рамках содержания дисциплины и формируемых компетенций, осуществлять базовые действия по применению полученных знаний на практике	Умение самостоятельно ставить и решать задачи в рамках содержания дисциплины и формируемых компетенций, получать результаты, готовые для использования в сфере деятельности выпускника, осуществлять правильные и уверенные действия по

				применению полученных знаний на практике
Уметь: обеспечить эффективную эксплуатацию водяных и воздухопроводных сетей; оборудования в системах водо-, газо-, воздухоснабжения промышленных предприятий, системы обеспечения продуктами разделения воздуха	Неумение решать задачи в рамках содержания дисциплины и формируемых компетенций.	Умение решать задачи в рамках содержания дисциплины и формируемых компетенций при наличии постороннего контроля.	Умение самостоятельно решать задачи в рамках содержания дисциплины и формируемых компетенций, осуществлять базовые действия по применению полученных знаний на практике	Умение самостоятельно ставить и решать задачи в рамках содержания дисциплины и формируемых компетенций, получать результаты, готовые для использования в сфере деятельности выпускника, осуществлять правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике

#### Оценка сформированности компетенций по показателю «Владение».

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеть: навыками расчетов энергопотребления нагнетателей, выбора наиболее эффективного способа регулирования работы нагнетателей в сети	Отсутствие минимума навыков, формируемых в требованиях к обучению	Владеть минимумом навыков, формируемых в требованиях к обучению	В базовой мере владеть навыками, формируемыми в требованиях к обучению	В полной мере владеть навыками, формируемыми в требованиях к обучению
Владеть: навыками энергоэффективной эксплуатации и регулирования при работе нагнетателей в сети	Отсутствие минимума навыков, формируемых в требованиях к обучению	Владеть минимумом навыков, формируемых в требованиях к обучению	В базовой мере владеть навыками, формируемыми в требованиях к обучению	В полной мере владеть навыками, формируемыми в требованиях к обучению

#### Промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета за защиту курсового проекта

Используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.



Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
ПК-4. Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства ПК-4.2. Разрабатывает схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства	
Знания	<b>Знать:</b> – средства и методы проектирования и расчета систем энергоснабжения в части теплоэнергетического оборудования.
Умение	<b>Уметь:</b> – производить гидравлический расчет водяных и воздухопроводных сетей; производить выбор оборудования в системах энергоснабжения.
Владение	<b>Владеть:</b> – навыками расчетов энергопотребления нагнетателей, выбора наиболее эффективного способа регулирования работы нагнетателей в сети.

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Показатели оценивания результата обучения по дисциплине

Оценка сформированности компетенций по показателю «Знания».

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знать: средства и методы проектирования и расчета систем энергоснабжения в части теплоэнергетического оборудования	Отсутствие пороговых знаний в объеме материала рабочей программы дисциплины.	Наличие пороговых знаний в объеме материала рабочей программы дисциплины, знание основной рекомендованной литературы	Наличие достаточных знаний в объеме материала рабочей программы дисциплины, знание основной и дополнительно рекомендованной литературы	Наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме материала рабочей программы, знание основной и дополнительно рекомендованной литературы.

Оценка сформированности компетенций по показателю «Умение»

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Уметь: производить гидравлический расчет водяных и воздухопроводных сетей; производить выбор оборудования в системах энергоснабжения.	Неумение решать задачи в рамках содержания дисциплины и формируемых компетенций.	Умение решать задачи в рамках содержания дисциплины и формируемых компетенций при наличии постоянного контроля.	Умение самостоятельно решать задачи в рамках содержания дисциплины и формируемых компетенций, осуществлять базовые действия по приме-	Умение самостоятельно ставить и решать задачи в рамках содержания дисциплины и формируемых компетенций, получать результаты, готовые для ис-

			нению полученных знаний на практике	пользование в сфере деятельности выпускника, осуществлять правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике
--	--	--	-------------------------------------	---

### Оценка сформированности компетенций по показателю «Владение».

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеть: навыками расчетов энергопотребления магнетов, выбора наиболее эффективного способа регулирования работы магнетов в сети.	Отсутствие минимума навыков, формируемых в требованиях к обучению	Владеть минимумом навыков, формируемых в требованиях к обучению	В базовой мере владеть навыками, формируемыми в требованиях к обучению	В полной мере владеть навыками, формируемыми в требованиях к обучению

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы	Специализированная мебель; доска для рисования маркером; ноутбук или персональный компьютер, подключенный к ТВ-панели для демонстрации мультимедийных материалов и презентаций или к мультимедийному проектору с экраном.
2	Компьютерный зал для проведения практических и лабораторных занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду; доска для рисования маркером; ноутбук или персональный компьютер, подключенный к ТВ-панели для демонстрации мультимедийных материалов и презентаций или к мультимедийному проектору с экраном.
3	Лаборатория энергетического комплекса промышленных предприятий	Лабораторная установка «Исследование работы насосов»
4	Учебная аудитория для проведения самостоятельной работы	Специализированная мебель; доска для рисования маркером; ноутбук или персональный компьютер, подключенный к ТВ-панели для демонстрации мультимедийных

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
		материалов и презентаций или к мультимедийному проектору с экраном.
5	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

## 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
6	Программа тестирования «MyTestXPro»	Электронная лицензия/ключ на БГТУ им. ВА.Г. Шухова, 12 компьютеров.
7	Программа «Энергетический комплекс промышленных предприятий – система контроля решения практических задач»	Свидетельство о госрегистрации программы для ЭВМ № 2020662962 «Энергетический комплекс промышленных предприятий – система контроля решения практических задач» / Трубаев П.А.; Правообладатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова". Зарегистрировано 21.10.2020 г.
8	Программа «Pump: Насосы и насосные станции - расчет и регулирование»	Свидетельство о госрегистрации программы для ЭВМ № 2020662791 «Pump: Насосы и насосные станции - расчет и регулирование» / Трубаев П.А.; Правообладатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова". Зарегистрировано 19.10.2020 г.

## 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

### 6.3.1. 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. Экземпляры всего: 66.

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. 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 им. В. Г. Шухова, 2010.

Экземпляры всего: 35.

## 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.

Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040917310143193200009477>, по регистрации.

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

Экземпляры всего: 30.

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

Экземпляры всего: 20.

4. 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?p11\\_cid=25&p11\\_id=1801](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=1801), по регистрации.

5. 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>, по регистрации.

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

Экземпляры всего: 50.

7. 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), по регистрации.

8. 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), по регистрации.

9. 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.

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

Экземпляры всего: 60.

11. Теплоэнергетика и теплотехника: в 4-х кн.: справочник / общ. ред.: А.В. Клименко, В.М. Зорина. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство МЭИ, 2004. Кн.4 : Промышленная теплоэнергетика и теплотехника. - 2004. - 630 с.

Экземпляры всего: 5.

12. Батраков П. А., Селиванов А.А. Технологические энергоносители предприятий: учебное пособие. Омск: ООмГТУ, 2019. –164 с.

Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=682090](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=682090), по регистрации.

13. Максудов Р.Н., Трemasов Е.Н. Расчет системы воздухообеспечения промышленного предприятия: методическое пособие. Казань: КНИТУ, 2015. 32 с.

Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=428784](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=428784), по регистрации.

14. 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.

15. Тепловые насосы в современной промышленности и коммунальной инфраструктуре. Информационно-методическое издание / Е.Г. Гашо, С.А. Козлов, В.С. Пузаков и др. – М.: Издательство «Перо», 2016. – 204 с.

Электронный ресурс: <https://mpei.ru/personal/Lists/CadrePapers/Attachments/2000/%D0%92%D0%B5%D1%80%D1%81%D1%82%D0%BA%D0%B0%20%D1%87%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F.pdf> (открытый доступ)

16. Расщепкин А.Н., Столетов В.М. Тепловые насосы: учебное пособие / под редакцией Т. Г. Черненко. – Кемерово: КемГУ, 2020. – 128 с.

Электронный ресурс: <https://e.lanbook.com/book/156114> (Режим доступа: для авториз. пользователей); [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=600316](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=600316) (Режим доступа: для авториз. пользователей)

#### **6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

1. Grundfos Product Center GPC [Электронный ресурс] / ООО "Грундфос". – Электрон. дан. – М., [201–]. – Режим доступа: <http://product-selection.grundfos.com>, свободный. (Дата обращения 25.08.2019).

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 25.08.2019)/

3. Wilo-Select 4 online – консультант по насосам Wilo [Электронный ресурс] / Wilo SE. – Электрон. дан. – Дортмунд, Германия, [201–]. – Режим доступа: <https://ru.wilo-select.com/StartMain.aspx>, свободный. (Дата обращения 25.08.2019).

4. Гидравлический расчет Online сети водоснабжения [Электронный ресурс] / Лаборатория трубопроводных и гидравлических систем ИСЭМ СО РАН. – Иркутск, 2014 – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://51.isem.irk.ru/>, свободный. (Дата обращения 25.08.2019).

5. ГИС ZULU [Электронный ресурс] / ООО Политерм – СПб., [1999-201–]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://www.politerm.com/>, свободный. (Дата обращения 25.08.2019).

6. CoolPack [Электронный ресурс] / Department of Mechanical Engineering (МЕК), Section of Thermal Energy (TES) at the Technical University of Denmark (DTU). – Режим доступа: <https://www.ipu.dk/products/coolpack/>, свободный.

7. 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 25.08.2019).

