

**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. Беловсов А.В.  
« 20 » 05 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины (модуля)

**Нагнетатели и тепловые двигатели**

Направление подготовки (специальность):

**13.03.01 – ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Направленность программы (профиль, специализация):

**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: канд. техн. наук, доц.

 (В.Г. Чертов)

Рабочая программа обсуждена на заседании энергетики  
теплотехнологии

« 22 » 04 2021 г., протокол № 8


Заведующий кафедрой  
Энергетики теплотехнологии  
канд. техн. наук, доцент

 (Ю.В. Васильченко)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института  
экономики и менеджмента

« 20 » 05 2021 г., протокол № 9

Председатель  
канд. техн. наук, доцент

 (А.Н. Семернин)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Компетенции	Код компетенции	Индикаторы компетенции	Результаты обучения по дисциплине
Профессиональные	<b>ПК-4.</b> Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства.	<b>ПК-4.1.</b> Анализирует функции, а также параметры и характеристики рабочих процессов объектов профессиональной деятельности и определяет их место и назначение в технологической схеме производства продукции.	<b>Знания:</b> основ разработки, эксплуатации и схем размещения нагнетателей и тепловых двигателей на объектах тепло- и электроэнергетики. <b>Умения:</b> учитывать влияние научных достижений в области энергетики на эффективность разработки эксплуатации и схем размещения нагнетателей и тепловых двигателей на объектах тепло-электроэнергетики. <b>Навыки:</b> использования опыта и основных положений в области теплоэнергетики для разработки эксплуатации и схем размещения нагнетателей и тепловых двигателей на объектах тепло-электроэнергетики.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

### 2.1. Перечень дисциплин, знание которых необходимо при изучении данного модуля Компетенция ОПК-1 формируется следующими дисциплинами.

Содержание дисциплины является логическим продолжением следующих дисциплин.

№	Наименование дисциплины (модуля)
1.	Математика
2.	Физика
3.	Техническая механика
4.	Информатика
5.	Автоматизация производственных процессов
6.	Компьютерные технологии

### 2.2 Перечень дисциплин, для которых освоение модуля необходимо как предшествующее

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Технологические энергоносители промышленных предприятий.
2	Термовлажностные и низкотемпературные теплотехнологические процессы и установки.
3	Экологическая безопасность теплотехнологии.
4	Энерготехнологическая обработка газов.
5	Паротеплогенерирующие установки промышленных предприятий.
6	Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки.
7	Источники и системы энергоснабжения предприятий.

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 ЗЕ, 180 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки: 5 зач. единиц

Вид учебной работы	Обозначение	Всего часов	Семестр № 5	
			Всего часов	В неделю
Общая трудоемкость дисциплины, час		180	180	

<b>Аудиторные занятия, в т.ч.:</b>		73	73	
Лекции	Л	34	34	2
Лабораторные	ЛЗ			
Практические	ПЗ	34	34	2
Семинары	СЗ			
УИРС	УИРС			
Консультации	К	5	5	
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	СРС	107	107	3
Курсовой проект	КП			
Курсовая работа	КР			
Расчетно-графические задания	РГЗ	6	6	
Индивидуальное домашнее задание	ИДЗ			
Рефераты	Р			
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	ДВСР			
Под контролем преподавателя (в аудитории)	КСР			
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	Экзамен	6	6	

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем, час		
		Лекции	Практические	Самостоятельн.
1.	<b>Основные понятия и законы термодинамики.</b> Основные исходные определения. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики и энтропия. Максимальная и теряемая работа. Термодинамические потенциалы и дифференциальные уравнения термодинамики. Химический потенциал термодинамики. Многокомпонентные и многофазные системы.	3	3	10
2.	<b>Термодинамические процессы и тепловые машины.</b> Эффективность использования первичной энергии в термодинамическом процессе и тепловых машинах. Термомеханические газостатические процессы идеального газа. Процессы фазовых превращений. Термомеханические газодинамические процессы. Термо - магнитомеханические процессы. Термоэлектрические магнитогазодинамические процессы. Термо - электромагнитные процессы. Термо - электронноэмиссионные процессы. Термоэлектрические процессы в твердых телах. Химико-термические процессы. Химико-электрические процессы. Химико-механические процессы. Ядерно-термические процессы. Электромагнито - термические процессы. Электромагнитно - электрические процессы. Магнито - термические процессы.	3	3	10
3.	<b>Термодинамические циклы работы тепловых машин.</b> Идеальный цикл тепловых машин — цикл Карно. Эффективность превращения теплоты высоко- и низкотемпературных теплоносителей в другие виды энергии. Задачи анализа и методы сравнения теоретических циклов. Теоретические процессы расширительных машин и компрессоров. Обобщенный теоретический цикл тепловых и пневматических двигателей. Теоретические циклы химических тепловых двигателей с газообразным рабочим телом. Теоретические циклы химических тепловых двигателей с парожидкостным рабочим телом. Теоретический цикл термомагнитного двигателя. Теоретические циклы химических тепловых парогазовых турбинных двигателей и магнитогазодинамических установок. Теоретические циклы термоэмиссионных и термоэлектрических электрогенераторов. Теоретические циклы ядерных тепловых двигателей. Теоретические циклы холодильных и теплонаносных установок. Теоретический цикл универсальной тепловой машины Стирлинга.	3	3	10

4.	<b>Термодинамика необратимых процессов и отрицательных температурах.</b> Понятие о термодинамике необратимых процессов. Термодинамика при отрицательных абсолютных температурах. Получение и хранение жидких газов.	3	3	11
5.	<b>Основные теплопередачи и тепломассообмена.</b> Общие понятия и закономерности микропереноса энергии и массы. Виды и режимы тепломассообмена. Основы теории подобия.	3	3	11
6.	<b>Теплопередача.</b> Закон Фурье и коэффициент теплопередачи. Дифуравнение энергии трехмерной нестационарной теплопередачи твердых тел. Различные случаи стационарной теплопередачи. Теплопередача при нестационарном режиме.	4	4	11
7.	<b>Конвективная теплопередача.</b> Закон Ньютона и коэффициент теплоотдачи. Дифференциальные уравнения конвективного теплоотдачи. Теплопередача при свободном и вынужденном движении. Теплопередача при кипении и конденсации. Теплопередача в особых случаях.	3	3	11
8.	<b>Теплопередача излучением.</b> Основные понятия и закон Стефана—Больцмана. Коэффициенты, характеризующие теплообмен излучением. Законы распределения энергии излучения по различным направлениям и длинам волн. Теплообмен излучением между твердыми телами. Излучение и поглощение в газах.	4	4	11
9.	<b>Сложная теплопередача, расчет теплообменных аппаратов и массообмен.</b> Массообмен. Сложная теплопередача, расчет теплообменных аппаратов.	4	4	11
10.	<b>Термодинамика и охрана окружающей среды.</b> Сверх-проводимость-текучесть-звуковой барьер, кавитация, флаттер, помпаж. Теплонасосы. Потребность в энергии и охрана окружающей среды. Вторичные энергетические ресурсы, основные направления экономии энергоресурсов.	4	4	11
11.	ВСЕГО	34	34	107

#### 4.2. Содержание практических занятий (Индикатор ПК-4.1)

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	Объем, час
1	<p>1. Введение</p> <p>1.1. Основные термины и определения.</p> <p>1.2. Эффективность, достоинства и области применения пневмогидротранспорта.</p> <p>1.3. Единицы измерения давления.</p> <p>1.4. Шкала давлений НиТД.</p> <p><b>2. Насосы. Классификация насосов. Центробежные насосы.</b></p> <p>2.1. Конструкция центробежных насосов.</p> <p>2.2. Уравнение Эйлера для центробежных насосов.</p> <p>2.3. Статический и динамический напор.</p> <p>2.4. Теоретические и действительные характеристики центробежных насосов.</p> <p>2.5. Подобие центробежных насосов.</p> <p>2.6. Безразмерные характеристики и коэффициент быстроходности.</p> <p>2.7. Пересчет характеристик центробежных насосов.</p> <p>2.8. Регулирование подачи.</p> <p>2.9. Кавитация и допустимая высота всасывания.</p> <p>2.10. Пример расчета и конструирования центробежного насоса.</p>	4
2	<p><b>3. Осевые насосы.</b></p> <p>3.1. Конструкция осевых насосов.</p> <p>3.2. Решетка профилей.</p> <p>3.3. Уравнение энергии и теоретический напор.</p> <p>3.4. Характеристики и регулирование осевых насосов.</p> <p><b>4. Поршневые и роторные насосы.</b></p> <p>4.1. Принцип действия поршневого насоса.</p> <p>4.2. Индикаторная диаграмма.</p> <p>4.3. Подача поршневого насоса.</p> <p>4.4. Характеристики и регулирование поршневых насосов.</p>	4

	<p>4.5. Индикаторная мощность и КПД насосов.</p> <p>4.6. Допустимая высота всасывания.</p> <p>4.7. Роторные насосы.</p> <p>4.8. Пример расчета и конструирования роторного насоса.</p>	
3	<p><b>5. Сети и работа насосов в сети.</b></p> <p>5.1. Классификация сетей</p> <p>5.2. Сопротивление и напорная характеристика сети.</p> <p>5.3. Определение оптимального диаметра трубопровода.</p> <p>5.4. Особенности расчета сетей транспортировки горячих газов.</p> <p>5.5. Расчет газопроводов и воздухопроводов высокого давления</p> <p>5.6. Устойчивость работы сети (помпаж и гидравлические удары).</p> <p>5.7. Расчет пневмотранспортных сетей.</p> <p>5.8. Понятие о гидроприводе.</p> <p>5.9. Основы проектирования сетей.</p> <p><b>6. Работа насосов в сети</b></p> <p>6.1. Совместная работа нагнетателя и сети. Регулирование подачи.</p> <p>6.2. Схемы соединения насосов.</p> <p>6.3. Параллельное соединение.</p> <p>6.4. Закономерности параллельной работы.</p> <p>6.5. Работа насосов в распределенной сети.</p> <p>6.6. Последовательное соединение.</p> <p>6.7. Смешанное соединение.</p> <p>6.8. Регулирование установки из нескольких насосов.</p>	4
4	<p><b>7. Системы технического водоснабжения.</b></p> <p>7.1. Схемы технического водоснабжения.</p> <p>7.2. Баланс воды предприятия.</p> <p>7.3. Насосные станции.</p> <p>7.4. Выбор насосов и приводов.</p> <p>7.5. Выбор числа насосов в насосной станции.</p> <p>7.6. Устройства для охлаждения воды.</p> <p>7.7. Очистка промышленных сточных вод.</p> <p><b>8. Теория компрессорных машин.</b></p> <p>8.1. Классификация компрессоров.</p> <p>8.2. Характеристики и типы компрессоров.</p> <p>8.3. Термодинамика процесса сжатия.</p> <p>8.4. Уравнение сохранения энергии процесса сжатия.</p> <p>8.5. КПД и мощность компрессора.</p> <p>8.6. Охлаждение газа в компрессоре.</p> <p>8.7. Многоступенчатое сжатие.</p> <p>8.8. Расчет расхода воды на охлаждение компрессора.</p>	4
6	<p><b>9. Объемные компрессоры.</b></p> <p>9.1. Конструкции поршневых компрессоров.</p> <p>9.2. Индикаторная диаграмма поршневого компрессора.</p> <p>9.3. Подача поршневого компрессора.</p> <p>9.4. Мощность поршневого компрессора.</p> <p>9.5. Многоступенчатые поршневые компрессоры и допустимая степень сжатия.</p> <p>9.6. Регулирование поршневых компрессоров.</p> <p>9.7. Винтовые компрессоры.</p> <p>9.8. Роторные компрессоры.</p> <p>9.9. Пример расчета роторного компрессора.</p> <p><b>10. Динамические компрессоры (турбокомпрессоры).</b></p> <p>10.1. Быстроходность динамических нагнетателей.</p> <p>10.2. Характеристики лопастных компрессоров и их пересчет.</p> <p>10.3. Регулирование лопастных компрессоров.</p> <p>10.4. Центробежные компрессоры.</p>	4

	10.5. Расчет и конструирования центробежного нагнетателя. 10.6. Осевые компрессоры. 10.7. Пример расчета осевого компрессора. 10.8. Детали машин осевых и центробежных компрессоров.	
5	<b>11. Центробежные вентиляторы.</b> 11.1. Расчет и конструирование центробежного вентилятора. <b>12. Системы воздухообеспечения промышленных предприятий.</b> 12.1. Состав системы воздухообеспечения и компрессорных станций. 12.2. Основные типы потребителей сжатого воздуха. 12.3. Приближенный расчет расхода воздуха потребителей. 12.4. Уточненный расчет расхода воздуха потребителей. 12.5. Производительность компрессора и потери воздуха в сети. 12.6. Расчет воздухопроводной сети. 12.7. Пример расчета воздухопроводной сети.	4
7	<b>13. Оборудование компрессорных станций.</b> 13.1. Выбор компрессоров системы воздухообеспечения. 13.2. Воздухозаборное устройство и фильтры для очистки воздуха. 13.3. Промежуточные и концевые холодильники. 13.4. Влагомаслоотделители. 13.5. Установки для осушки сжатого воздуха. 13.6. Ресиверы (воздухосборники). 13.7. Система водоснабжения компрессорной станции 13.8. Пример расчета компрессорной станции <b>14. Проектирование тепломеханического оборудования и сетей.</b> 14.1. Автоматическое проектирование и изготовление деталей осевых, центробежных компрессоров и сетей.	4
8	<b>15. Привод тепломеханического оборудования.</b> 15.1. Электропривод. Оптимизация электропривода. 15.2. Пример расчета ветродвигателя. 15.3. Пример расчета газотурбинного привода. <b>16. Автоматизация тепломеханического оборудования.</b> 16.1. Автоматизированные передвижные компрессоры. 16.2. Автоматические компрессорные и насосные станции. <b>17. Энергосбережение и экология тепломеханического оборудования.</b> 17.1. Энергосбережение в насосных установках. 17.2. Понятие о тепловых насосах. 17.3. Понятие о турбодетандерах. 17.4. Ветроэнергетика. <b>18. Испытания тепломеханического оборудования.</b>	3
9	19. Стенды для испытания и исследования НИТД.	3
	ВСЕГО	34

#### 4.3. Содержание лабораторных занятий (Не предусмотрено учебным планом).

#### 4.4. Содержание РГЗ

№	Тема РГЗ Индикатор ПК-4.1
1	Расчет, испытания и эффективное управление ГТУ.
2	Расчет, испытания и эффективное управление воздухоудовок БГТУ.
3	Расчет, испытания и эффективное управление водородных турбин.
4	Расчет, испытания и эффективное управление ветроустановок.
5	Расчет, испытания и мониторинг солнечных парогенераторов
6	Расчет, испытания и эффективное управление паровых котлов.
7	Расчет, испытания и эффективное управление водогрейных котлов.

8	Расчет, испытания и эффективное управление дымососов.
9	Расчет, испытания и эффективное управление насосов.
10	Расчет, испытания и мониторинг рукавных фильтров.
11	Расчет, испытания и эффективное управление тепловых насосов.
12	Расчет, испытания и эффективное управление турбодетандеров.
13	Приборы, испытания и эффективное управление турбодетандеров.
14	Приборы, испытания и эффективное управление тепловых насосов.
15	Приборы, испытания и эффективное управление ветроустановок.
16	Приборы, испытания и эффективное управление дымососов.
17	Приборы, испытания и эффективное управление воздуходувок БГТУ.
18	Приборы, испытания и эффективное управление паровых котлов.
19	Приборы, испытания и эффективное управление водогрейных котлов.
20	Приборы, испытания и эффективное управление ГТУ.
21	Приборы, испытания и эффективное управление насосов.
22	Приборы, испытания и эффективное управление Белоярской АЭС.
23	Приборы, испытания и мониторинг эффективное управление системы умный дом.
24	Приборы, испытания и эффективное управление системы умный город.

Цель РГЗ: изучение студентами методик и формирование знаний этапов развития эффективного управления и автоматизации энергетики, знакомство с общими сведениями о невозобновляемых и возобновляемых энергетических ресурсах, схемами и принципами работы различных видов энергетических установок, сведения о метрических шкалах и международных системах единиц измерения физических единиц. Приобретение навыков самостоятельной и командной работы, изучение правил технологической дисциплины при эксплуатации ОПД, ставить и решать задачи энергетики с использованием полученных знаний.

РГЗ включает расчетно-пояснительную записку и графическую часть. Расчетно-пояснительная записка в объёме 25- 30 стр. и состоит из следующих разделов: Содержание:1. Введение (проблема), 2.Обоснование, 3.Описание и расчёты, 4.Заключение (итог), 5. Литература. РГЗ выполняется в соответствии с РД-013- 2013 на оформление текстовых документов.

Графическая часть представляет собой 8-10 листов электронной презентации. После проведения предварительной защиты РГЗ, для развития навыков командной работы могут быть сформированы ВТК студентов, для доработки и представления лучших работ и статей на студенческой конференции, публикации статей, участия УНИРС и грантов, изготовления стендов и образцов.

В процессе выполнения расчетно-графического задания, осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитории, посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **5.1. Реализация компетенции: Компетенция ПК-4. Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства.**

Код компетенции	Индикаторы компетенции	Средства оценивания
ПК-4. Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства.	ПК-4.1. Анализирует функции, а также параметры и характеристики рабочих процессов объектов профессиональной деятельности и определяет их место и назначение в технологической схеме производства продукции.	Консультации, собеседование, защита РГЗ, экзамен.

### **5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация осуществляется по итогам выполнения практических задач, РГЗ, ответом на вопросы, возникающие при их выполнении и экспресс опросом.



### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов для экзамена (Индикатор ПК-4.1)

1. Эффективность, достоинства и области применения пневмогидротранспорта.
2. Единицы измерения давления.
3. Шкала давлений тепломеханических машин.
4. Классификация насосов.
5. Конструкция центробежных насосов.
6. Уравнение Эйлера для центробежных насосов.
7. Статический и динамический напор центробежных насосов.
8. Теоретические и действительные характеристики центробежных насосов.
9. Подобие центробежных насосов.
10. Безразмерные характеристики и коэффициент быстроходности.
11. Пересчет характеристик центробежных насосов.
12. Регулирование подачи.
13. Кавитация и допустимая высота всасывания.
14. Пример расчета и конструирования центробежного насоса.
15. Осевые насосы.
16. Конструкция осевых насосов.
17. Решетка профилей осевых насосов.
18. Уравнение энергии и теоретический напор осевых насосов.
19. Характеристики и регулирование осевых насосов.
20. Поршневые насосы.
21. Индикаторная диаграмма поршневого насоса.
22. Подача поршневого насоса.
23. Напорная характеристика и регулирование поршневых насосов.
24. Индикаторная мощность и КПД насосов.
25. Допустимая высота всасывания.
26. Роторные насосы.
27. Классификация сетей.
28. Сопротивление и напорная характеристика сети для перемещения жидкостей.
29. Определение оптимального диаметра трубопровода сети.
30. Особенности расчета линий для транспортировки горячих газов.
31. Расчет газопроводов и воздухопроводов высокого давления.
32. Устойчивость работы сети (помпаж и гидравлические удары).
33. Расчет пневмотранспортных сетей.
34. Основные типы гидропривода и его применение.
35. Основы расчета и проектирования сетей.
36. Работа насосов в сети.
37. Совместная работа насоса и сети. Регулирование подачи.
38. Схемы соединения насосов.
39. Параллельное соединение насосов.
40. Закономерности параллельной работы.
41. Работа насосов в распределенной сети.
42. Последовательное соединение насосов.
43. Смешанное соединение насосов характеристики сети.
44. Регулирование установки из нескольких насосов.
45. Системы технического водоснабжения.
46. Баланс воды предприятия.
47. Насосные станции.
48. Выбор насосов водоснабжения.
49. Выбор числа насосов в насосной станции.
50. Устройства для охлаждения воды.
51. Очистка промышленных сточных вод.
52. Классификация компрессоров.
53. Характеристики и типы компрессоров.

54. Термодинамика процесса сжатия.
55. Уравнение сохранения энергии процесса сжатия.
56. КПД и мощность компрессора.
57. Охлаждение газа в компрессоре.
58. Многоступенчатое сжатие.
59. Расчет расхода воды на охлаждение компрессора.
60. Объемные компрессоры.
61. Конструкции поршневых компрессоров.
62. Индикаторная диаграмма поршневого компрессора.
63. Подача и мощность поршневого компрессора.
64. Многоступенчатые поршневые компрессоры и допустимая степень сжатия.
65. Регулирование поршневых компрессоров.
66. Винтовые компрессоры.
67. Роторные компрессоры.
68. Классификация динамических нагнетателей по быстроходности.
69. Характеристики лопастных компрессоров и их пересчет.
70. Регулирование лопастных компрессоров.
71. Центробежные компрессоры.
72. Осевые компрессоры.
73. Особенности конструкции осевых и центробежных компрессоров.
74. Центробежные вентиляторы.
75. Расчет и конструирование высокоэффективного центробежного вентилятора.
76. Системы воздухообеспечения промышленных предприятий.
77. Состав системы воздухообеспечения и компрессорных станций.
78. Основные типы потребителей сжатого воздуха.
79. Приближенный расчет расхода воздуха потребителей.
80. Уточненный расчет расхода воздуха потребителей.
81. Производительность компрессорной станции и потери воздуха в сети.
82. Расчет воздухопроводной сети.
83. Оборудование компрессорных станций.
84. Выбор компрессоров системы воздухообеспечения.
85. Воздухозаборное устройство и фильтры для очистки воздуха.
86. Промежуточные и концевые холодильники.
87. Влагомаслоотделители.
88. Установки для осушки сжатого воздуха.
89. Ресиверы (воздухосборники).
90. Система водоснабжения компрессорной станции.
91. Автоматическое проектирование и изготовление деталей осевых и центробежных компрессоров, и сетей.
92. Электропривод тепломеханических машин.
93. Расчета ветродвигателя.
94. Расчета газотурбинного привода.
95. Автоматизация тепломеханических машин.
96. Автоматизированные передвижные компрессоры.
97. Автоматические насосные станции.
98. Энергосбережение и экология тепломеханических машин.
99. Энергосбережение в насосных установках.
100. Понятие о тепловых насосах.
101. Понятие о турбодетандерах.
102. Ветроэнергетика, ветрогенераторы ветродвигатели.
103. Испытания тепломеханических машин.
104. Стенды для контроля параметров, испытания и исследования тепломеханических машин.

### **5.3. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания**

При промежуточной аттестации по результатам выполнения практических заданий и защиты РГЗ

для объективности оценивания используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Показатели оценивания	Критерий оценивания	Шкала оценивания	Уровень компетенции
Знать (соответствует таблице 1)	Знает	отлично	отличный
		хорошо	хороший
		удовлетворительно	пороговый
	Не знает	неудовлетворительно	не достаточный
Уметь (соответствует таблице 1)	Умеет	отлично	отличный
		хорошо	хороший
		удовлетворительно	пороговый
	Не умеет	неудовлетворительно	не достаточный
Владеть (соответствует таблице 1)	Владеет	отлично	отличный
		хорошо	хороший
		удовлетворительно	пороговый
	Не владеет	неудовлетворительно	не достаточный

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

#### 5.4. Оценка сформированности компетенций

Оценка сформированности компетенций по показателю: **Знания**.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий.	Не знает терминов и определений.	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок.	Знает термины и определения в заданном объеме.	Уверенно знает термины и определения, может расширенно интерпретировать их самостоятельно.
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов.	Не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний.	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний с ошибками.	Знает основные закономерности, соотношения, логику познания, их обоснования и применения.	Уверенно знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может их получить, обосновать и использовать.
Объем освоенного материала.	Не знает значительной части материала дисциплины.	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей.	Знает материал дисциплины в заданном объеме.	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями.
Полнота ответов на вопросы.	Не дает ответы на большинство вопросов.	Дает неполные ответы на все вопросы.	Дает ответы на вопросы, но не все – полные.	Дает полные, развернутые ответы на поставленные и дополнительные вопросы.
Четкость изложения и интерпретации знаний.	Излагает знания без логической последовательности.	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности с ошибками.	Излагает знания без нарушений в логической последовательности и без ошибок.	Уверенно излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретирует и анализирует, генерирует идеи.
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами.	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками.	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно без ошибок.	Уверенно выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний.
	Неверно излагает и интерпретирует знания.	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний.	Грамотно и по существу излагает знания в заданном объеме.	Уверенно, грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы, генерирует идеи.

Оценка сформированности компетенций по показателю: **Умения.**

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение применять термины, определения, понятия.	Не умеет применять термины и определения.	Умеет применять термины и определения, но допускает неточности формулировок.	Умеет применять термины и определения, в заданном объеме без ошибок.	Уверенно умеет применять термины, определения, может корректно сформулировать их самостоятельно в полном объеме.
Умение применять основные закономерности, соотношения, принципы.	Не умеет применять основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний.	Умеет применять основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний с ошибками.	Умеет применять без ошибок основные закономерности, соотношения, логику познания.	Уверенно умеет применять основные закономерности, соотношения, логику познания, может самостоятельно их получить и расширенно использовать.
Умение применять объем основного материала.	Не умеет применять значительную часть материала дисциплины.	Умеет применять только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей.	Умеет применять материал дисциплины в заданном объеме.	Уверенно демонстрирует твердые и полные знания материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями.
Умение формулировать исчерпывающий ответ на вопросы.	Не умеет формулировать ответы на большинство вопросов.	Неуверенно дает неполные ответы на все вопросы.	Дает ответы на вопросы, но не все – полные.	Уверенно дает полные, развернутые ответы на поставленные и дополнительные вопросы, генерирует идеи.
Умение четко излагать и интерпретировать знания.	Не излагает знания в логической последовательности.	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности и с ошибками.	Излагает знания без нарушений в логической последовательности.	Уверенно излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретирует и анализирует, генерирует идеи.
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами.	Выполняет поясняющие схемы, рисунки небрежно и с ошибками.	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно в заданном объеме.	Уверенно выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полностью усвоенных знаний.
	Неверно излагает и интерпретирует знания.	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний.	Компетентно, по существу излагает знания в заданном объеме.	Уверенно, грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы, генерирует идеи.

Оценка сформированности компетенций по показателю: **Владеть.**

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеет терминами, определениями, понятиями.	Не владеет терминами и определениями.	Владеет терминами и определениями, но допускает неточности формулировок.	Владеет терминами определениями, в заданном объеме.	Уверенно владеет терминами и определениями, может корректно расширенно сформулировать их самостоятельно.
Владеет основными закономерностями, соотношениями, принципами.	Не владеет основными закономерностями и соотношениями, принципами построения знаний.	Владеет основными закономерностями, соотношениями, принципами построения знаний с ошибками.	Владеет основными закономерностями, соотношениями в заданном объеме.	Уверенно владеет основными закономерностями, соотношениями, принципами построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать.
Владеть объемом	Не владеет значительной частью	Владеет только основным материалом дисциплины, не	Владеет материалом дисциплины	Владеет твердыми и полными знаниями материала

освоенного материала.	материала дисциплины.	усвоил его деталей.	в заданном объеме.	дисциплины, и дополнительными знаниями.
Владеет исчерпывающими знаниями.	Не владеет исчерпывающими знаниями на все вопросы.	Дает неполные ответы на все вопросы с ошибками.	Владеет исчерпывающими знаниями, но не на все вопросы.	Уверенно владеет исчерпывающими знаниями на все поставленные и дополнительные вопросы.
Владеет четким изложением и интерпретацией знаний.	Не владеет знаниями в логической последовательности.	Владеет знаниями с нарушениями в логической последовательности и с ошибками.	Владеет знаниями в логической последовательности в заданном объеме.	Уверенно владеет знаниями в логической последовательности, самостоятельно их анализирует и интерпретирует.
	Не владеет графикой и иллюстрациями, поясняющими схемами, рисунками и примерами.	Владеет графикой, поясняющими рисунками и схемами небрежно, с ошибками, может исправлять ошибки.	Владеет графикой, поясняющими рисунками, схемами корректно, но не в полном объеме.	Уверенно владеет графикой поясняющими рисунками, схемами точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний, генерирует идеи.
	Не владеет знаниями и их интерпретацией.	Допускает неточности и ошибки в изложении и интерпретации знаний.	Компетентно владеет и по существу излагает знания.	Уверенно владеет четким изложением и интерпретированием знаний, делает самостоятельные выводы.

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей, критериев оценивания и промежуточной аттестации, РГЗ и научной работы.

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

### 6.1. Материально- техническое обеспечение

№	Помещения самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений для самостоятельной работы
1	Лаборатория тепломеханического оборудования	Аудитория, оснащенная письменными столами, стульями, классной доской (для рисования мелом или маркером), электронная доска, компьютерный класс, электронные материалы, матобеспечение, действующие образцы и макеты оборудования, электронная диспетчерская университета, электронный пульт управления котельной, действующие котельные БГТУ, стенды для испытания насосов и вентиляторов, для определения гидравлических сопротивлений, коэффициентов Струхала, Рейнольдса, волнового сопротивления; вентиляторы; газовые счетчики; измерительные коллекторы БГТУ, дифманометры; электронный частотомер; шумомер; ваттметр; трубки Пито-Прандтля; 1,2,3,5 канальные микрозонды БГТУ, гребёнки и батарейный манометр БГТУ; образцовые термометры, амперметры и вольтметры; учебная лаборатория теплотехники, оборудование: вентиляторы; газовые счетчики; дифманометры; установка для изучения газодинамики псевдооживленного слоя, препарированный компьютер, электронные материалы, матобеспечение. Стенды для испытания тепломехоборудования, действующие образцы и макеты оборудования, письменные столы, стулья, электронная доска, ноутбук.
2	Компьютерный класс	Письменные столы, стулья, доска для рисования мелом или маркером, электронная доска, компьютерный класс с возможностью подключения к сети «Интернет».
3	Большой и малый читальный зал библиотеки БГТУ для самостоятельной работы	Специализированная мебель; ксероксы, принтеры, 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
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения.
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения.

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

### основная

1. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учебное пособие для вузов/ К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков; ред. П.Г. Романков. 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия: Ленинградское отд-ние, 1987. – 576 с.
2. Сборник задач по технической термодинамике, Рабинович О.М., - М.: Машиностроение, 1973. -344 с.
3. Подлипенский, В.С., Сабинин Ю.А., Юрчук Л.Ю. Элементы и устройства автоматики:/ Под ред. Сабинина Ю.А. - М.: Машиностроение, 2001. - 472 с.
4. Троянкин, Ю.В. Проектирование и эксплуатация высокотемпературных технологических установок./ Ю.В. Троянкин. - М.: МЭИ, 2002. – 324 с.
5. Теплотехнические испытания котельных установок./ В.И. Трёмбовля, Е.Д. Фингер и др. -2-е изд. перераб. и доп. -М.: Энергоатомиздат, 1991. 416 с.
6. Кудрявцев Е. М., Степанов В.В. Выполнение выпускной квалификационной работы на компьютере: Учебное пособие для вузов./ Е.М. Кудрявцев, В.В. Степанов. — М.: Издательский Дом «БАС-ТЕТ», 2013. — 240 с.
7. Аэродинамический расчет котельных установок (нормативный метод)/ под ред. С.И. Мочана. – 3-е изд. – Л.: Энергия, 1977. – 256 с.
8. Ануриев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 кн. - М.: Машиностроение, 2001. - Т.1. 920 с.
9. Ануриев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 кн. - М.: Машиностроение, 2001. - Т.2. 912 с.
10. Ануриев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 кн. - М.: Машиностроение, 2001. - Т. 3. 864 с.
11. Орлов, П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие. Кн. 1. - М.: Машиностроение, 1988. - 560 с.
12. Орлов, П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие. Кн. 2. - М.: Машиностроение, 1988. - 544 с.
13. Никитин, Ю.М. Конструирование элементов деталей и узлов авиационных двигателей. -М.: Машиностроение, 1968. - 323 с.
14. Газотурбинные установки. Конструкции расчет: Справочное пособие / Под общ. ред. Л. В. Арсеньева и В.Г. Тырышкина. -Л.: Машиностроения, 1978. - 232 с.
15. Детали машин. Расчет и конструирование. Справочник. Т. 3. / Под. ред. Н.С. Ачеркана. -М.: Машиностроение, 1969. - 471 с.
16. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1. / Под ред. А.Н. Малова. -М.: Машиностроение, 1972. - 568 с.
17. Справочник технолога-машиностроителя. Т.2. / Под ред. А.Г. Касиловой, Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1972. - 694 с.

18. Афанасьев, В.Н. Изучение теплофизических процессов и свойств веществ с использованием методов компьютерного моделирования [Электронный ресурс]: учебное пособие по курсу «Теория теплообмена» В.Н. Афанасьев [и др.].— Электрон, текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2013.— 84 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31409>.— ЭБС «IPRbooks» <http://www.iprbookshop.ru>

19. Новиков, СИ. Оптимизация систем автоматизации теплоэнергетических процессов. Часть 1. Автоматические системы регулирования теплоэнергетических процессов с аналоговыми регуляторами учебное пособие. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет. -2011.- <http://www.iprbookshop.ru>

20. Прудников В. В., Вакилов А. Н., Прудников П. В. Фазовые переходы и методы их компьютерного моделирования. - Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 224 с.

21. Чертов В.Г., Основы компьютерных технологий в теплоэнергетике. Учебное пособие по дисциплине и выполнению РГЗ и курсовых работ. Белгород: Изд-во БГТУ, 2021. – 118 с.

22. Компьютерное моделирование технологических процессов: учебное пособие / А. А. Мисаковский, А. В. Перебейнос – Владивосток: Изд во Дальрыбвтуз, 2009.

23. Основы современной энергетики: учеб. для вузов в 2 т. Т.1: Современная теплоэнергетика / Трухний АД. [и др.]; под общ. ред. Е.В. Аметистова. - 5-е изд., стер. - М.: МЭИ, 2010. - 472 с.

24. Тимонин, А.С. Основы конструирования и расчета химико- технологического и природоохранного оборудования. Справочник. Т.1- Калуга: Издательство Бочкаревой Н.Ф., 2006. -852 с.

25. Тимонин, А.С. Основы конструирования и расчета химико- технологического и природоохранного оборудования. Справочник. Т. 2- Калуга: Издательство Бочкаревой Н.Ф., 2006.-1028 с.

26. Тимонин, А.С. Основы конструирования и расчета химико- технологического и природоохранного оборудования. Справочник. Т. 3- Калуга: Издательство Бочкаревой Н.Ф., 2006. -968 с.

27. Кудрявцев Е. М., Степанов В.В. Выполнение выпускной квалификационной работы на компьютере: Учебное пособие для вузов. / Е.М. Кудрявцев, В.В. Степанов. — М.: Издательский Дом «БАС-ТЕТ», 2013. — 240 с.

#### ***дополнительная***

1. Миньков, С. Л. Информационные технологии и компьютерное моделирование: учебное пособие/ А. С. Ткаченко, В. М. Ушаков. – Изд-во ТГПУ. – 2005.- 269 с.

2. Быстрицкий Г. Ф. Общая энергетика: энергетическое оборудование. В 2 ч. Часть 1: справочник для академического бакалавриата / Г. Ф. Быстрицкий, Э. А. Киреева. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2018. — 222 с.

3. Быстрицкий Г. Ф. Общая энергетика: энергетическое оборудование. В 2 ч. Часть 2: справочник для академического бакалавриата / Г. Ф. Быстрицкий, Э. А. Киреева. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2018. — 232 с.

4. Инновационное развитие альтернативной энергетики: науч. изд. Ч.1 / В. Ф. Федоренко [и др.]. - М.: ФГНУ "Росинформгротех", 2010. – 348 с.

5. Инновационное развитие альтернативной энергетики: науч. изд. Ч.2 / В. Ф. Федоренко [и др.]. - М.: ФГНУ "Росинформгротех", 2011. – 412 с.

6. Теплоэнергетика и теплотехника: справочная серия. В 4-х кн. Кн.1: Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы / под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во МЭИ, 2000. – 528 с.

#### ***методическое обеспечение дисциплины***

1. Насосы систем водоснабжения промышленных предприятий. Методические указания к выполнению расчетно-графических заданий и курсовому проектированию для студентов специальности 100800 – Энергетика теплотехнологии. /Трубаев П.А., Чертов В.Г. – Белгород, 2004. – 57 с.

2. Испытания и эксплуатация насосов и вентиляторов: Методические указания к выполнению лабораторных работ и курсовому проектированию / Сост. Трубаев П. А. – Белгород: изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2006. – 54 с.

3. Гидрогазодинамика: метод. указания к выполнению лаб. работ/ сост. В.В. Губарева, В.А. Кузнецов, В.В. Носатов. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2003. – 31 с.

4. Трубаев, П.А. Термодинамический и эксергетический анализ теплотехнологических систем: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 140105 направления подготовки 140100 / П.А. Трубаев, П.В. Беседин, Е.А. Зайцев. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. - 103 с.

5. Кудинов, А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. [Электронный ресурс] / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. — Электрон, дан. — М.: Машиностроение, 2011.—374 с. —Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/2014> — [http://www.iprbookshop.ru/2014/# 1](http://www.iprbookshop.ru/2014/#1)

6. Щетинина, И.А. Анализ эффективности работы печных агрегатов [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ И. А. Щетинина - Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2005.

7. Дворецкий, С. И. Компьютерное моделирование технологических процессов PDF. Методические указания / С. И. Дворецкий, А. В. Майстренко. - Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2001. - 36 с.

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

1. Научно техническая библиотека МЭИ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ntb.mpei.ru/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус.

2. Электронная библиотека по энергетике «РОСЭНЕРГОСЕРВИС» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib.rosenergoserbis.ru/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус.

3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – <http://elibrary.ru/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус.

4. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз.рус. Российский уголь. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.rosugol.ru](http://www.rosugol.ru), свободный.

5. Журнал "Мировая энергетика". [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.worldenergy.ru/>, свободный.

6. Тенденции развития мировой энергетики и энергетическая стратегия России. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.e-m.ru/er/2004-07/22548/>, свободный.

7. Тенденции развития энергетики. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.rae.ru/ru/publishing/mono05\\_441.html](http://www.rae.ru/ru/publishing/mono05_441.html), свободный.

8. Тенденции и риски развития мировой энергетики. Перспективы. [http://www.perspektivy.info/rus/ekob/tendencii\\_i\\_riski\\_razvitiya\\_mirovoiy\\_energetiki\\_2008-0-6-16-20.htm](http://www.perspektivy.info/rus/ekob/tendencii_i_riski_razvitiya_mirovoiy_energetiki_2008-0-6-16-20.htm), свободный.

9. Естественно-научные проблемы современной энергетики. Традиционные и нетрадиционные источники энергии. [Электронный ресурс].

10. Режим доступа: <http://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=93654>, свободный.

11. Теплоэнергетика. [Электронный ресурс] –Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/139141/Теплоэнергетика>, свободный.

12. Росэнергоатом. [Электронный ресурс] –Режим доступа: <http://rosenergoatom.ru/>, свободный.

13. Мифы альтернативной энергетики. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.energoinform.org/pointofview/alternativeenergymyths.aspx>, свободный.

14. Альтернативная энергетика. Презентация. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.medem.kiev.ua/page.php?pid=642>, свободный.

15. Тепловые электрические станции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://terion.su/post/TES.html>, свободный.

16. Топливо-энергетический комплекс. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/encgeolog/5054/Топливо>. свободный.

17. Топливо-энергетический комплекс России. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=26581>, свободный.

18. Топливо-энергетический комплекс. [Электронный ресурс] –Режим доступа: <http://www.freesession.ru/tochnye/geografiya/52-geografiya-hozyaistva-rossii/234-toplivno-energeticheskij-kompleks.html>, свободный.