

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



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

Теплофизика

направление подготовки (специальность):

28.03.02 - Наноинженерия

Направленность программы (профиль, специализация):

28.03.02.- 01 Безопасность систем и технологий наноинженерии

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

Институт: архитектурно-строительный

Кафедра: теплогазоснабжения и вентиляции

Белгород – 2019

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 28.03.02–Наноинженерия, утвержденного 19.09.2017 г, приказом № 923
- учебного плана БГТУ им. В.Г. Шухова, по профилю подготовки 28.03.02.-01 Безопасность систем и технология наноинженерии,
- введенного в действие в 2019 году.

Составитель (составители): д-р техн наук, проф. Ильина (Т.Н.Ильина)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой

Безопасность жизнедеятельности

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф. Лопанов (А.Н.Лопанов)

« 14 » 05 2019 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры  
Теплогазоснабжения и вентиляции

« 14 » 05 2019 г., протокол № 12

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф. Уваров (В.А. Уваров)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 30 » 05 2019 г., протокол № 10

Председатель: канд. техн. наук, доцент Феоктистов (А.Ю. Феоктистов)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
<p>Применение фундаментальных знаний в профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования</p>	<p>ОПК-1.1. Использует математический аппарат для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен  <b>Знать:</b> основные законы термодинамики, тепло-и массообмена.  <b>Уметь:</b> рассчитывать основные параметры газов и газовых смесей при изменении их состояния, вычислять работу газа  <b>Владеть:</b> навыками использования математического аппарата для теоретического и экспериментального исследования тепловых процессов.</p>
		<p>ОПК-1.2. Использует прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен  <b>Знать:</b> принцип действия, устройство, идеальные циклы, рабочие процессы, паросиловых установок, холодильных машин и тепловых насосов.  <b>Уметь:</b> производить расчет параметров и процессов изменения состояния рабочего тела с применением прикладных программ.  <b>Владеть:</b> средствами автоматизированного проектирования при решении инженерных задач.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

### 1. Компетенция \_ ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины <sup>1</sup>
1	Математика
2	Физика
3	Химия
4	Ноксология
5	Инженерная графика
6	Гидрогазодинамика
7	Теплофизика
8	Электроника и электротехника
9	Введение в наноинженерию
10	Физико-химические основы нанотехнологии
11	Физическая химия дисперсных систем и поверхностных явлений
12	Технология наноразмерных материалов
13	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

---

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет   2   зач. единиц,   72   часа.

Форма промежуточной аттестации   зачет    
(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы <sup>2</sup>	Всего часов	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	72	72
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	36	36
лекции	17	17
лабораторные	17	17
практические		
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации <sup>3</sup>	2	2
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	36	36
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задание		
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	36	36
Экзамен		

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Курс   2   Семестр   4  

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час
-------	---	---

		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Основные законы идеальных газов. Первый закон термодинамики и его аналитические выражения.</b>					
	Термодинамическая система. Рабочие тела и требования к ним. Внутренняя энергия и ее свойства. Теплота и работа. $P$ - $V$ диаграмма процессов рабочих тел. Аналитическое выражение 1 закона термодинамики. Энтальпия. Теплоемкость идеальных газов. Зависимость теплоемкости от характера термодинамического процесса и температуры. Уравнение Майера. Теплоемкость газовых смесей. Понятие об энтропии. Вычисление изменения энтропии рабочего тела. $T$ - $S$ диаграмма и ее применение	4		5	8
<b>2. Процессы изменения состояния идеальных газов. Второй закон термодинамики. Реальные газы. Водяной пар. Влажный воздух.</b>					
	Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный процессы и их исследование. Сущность, основные формулировки и аналитические выражения 2 закона термодинамики. Свойства реальных газов. Водяной пар, основные понятия и определения. Процессы парообразования в $P$ - $V$ и $T$ - $S$ диаграммах. Влажный воздух, основные понятия, определения, свойства. Абсолютная и относительная влажность, влагосодержание. $I$ - $d$ диаграмма влажного воздуха. Основные процессы влажного воздуха	4		5	10
<b>3. Процессы истечения и дросселирования газов и паров. Циклы паросиловых установок.</b>					
	Уравнение 1 закона термодинамики для газового потока. Адиабатное истечение идеального газа из суживающегося сопла. Процесс дросселирования идеальных и реальных газов. Прямой и обратный обратимый цикл Карно. Термический и холодильный коэффициенты циклов. Цикл Ренкина.	4		3	8
<b>4. Тепловые и массообменные процессы.</b>					
	Виды теплообмена. Физические основы процессов теплопроводности. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности, его зависимость от структуры, свойств материала и параметров среды. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи, его определение. Основные критерии подобия и критериальные уравнения для расчета коэффициента теплоотдачи. Природа и основные законы теплового излучения. Сложный теплообмен. Уравнение	5		4	10

	теплопередачи. Теплопередача через однослойные и многослойные плоские цилиндрические стенки. Теплообменные аппараты. Общие понятия теории массообмена, их аналогия с теплообменом. Основные уравнения массопроводности, массоотдачи. Совместное действие процессов тепло и массообмена.				
	Итого:	17		17	36

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

Не предусмотрено учебным планом

#### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 4				
1	<b>Основные законы идеальных газов. Первый закон термодинамики и его аналитические выражения</b>	Методы измерения теплотехнических величин. Определение удельного объема газа Определение изобарной теплоемкости воздуха при атмосферном давлении, контрольная работа, защита лабораторных работ	5	8
2	<b>Процессы изменения состояния идеальных газов. Второй закон термодинамики. Реальные газы. Водяной пар. Влажный воздух.</b>	Исследование процессов во влажном воздухе. Построение и расчет процессов на i-d диаграмме. Определение требуемого количества теплоты для нагревания воздуха в холодный период и холода для охлаждения воздуха в теплый период.	5	10
3	<b>Процессы истечения и дросселирования газов и паров. Циклы паросиловых установок.</b>	Определение действительного расхода воздуха при истечении через суживающееся сопло. Контрольная работа, защита лабораторной работы	3	8
4	<b>Тепловые и массообменные процессы.</b>	Определение коэффициента теплоотдачи горизонтальной трубы при свободной конвекции. Расчет критериев подобия, сравнение расчетных значений коэффициентов теплообмена с экспериментом.	4	10
ИТОГО:			17	36

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

## 5.1. Реализация компетенций

### 1 Компетенция ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общепрофессиональных знаний, методов математического анализа и моделирования

4

(код и формулировка компетенции)

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-1.1. Использует математический аппарат, для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов	<i>Зачет, защита лабораторной работы, тестовый контроль, собеседование, устный опрос</i>
ОПК-1.2. Использует прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач.	<i>Зачет, защита лабораторной работы, тестовый контроль, собеседование, устный опрос</i>

## 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	<b>Основные законы идеальных газов. Первый закон термодинамики и его аналитические выражения</b>	<p>1. Идеальные газы – это газы, в которых:</p> <p>а) размеры молекул соизмеримы с расстояниями между ними;</p> <p>б) между молекулами действуют силы притяжения и отталкивания;</p> <p>в) размеры молекул пренебрежимо малы по сравнению с расстоянием между ними;</p> <p>г) между молекулами действуют силы электрического взаимодействия;</p> <p>д) между молекулами отсутствуют силы притяжения и отталкивания.</p> <p>2. Какова размерность газовой постоянной <math>R</math> в системе СИ:</p> <p>а) Вт; б) м/с; в) м/с<sup>2</sup>; г) Дж/(кг·К); д) Вт/(м·К).</p> <p>3. Газовая смесь – это смесь нескольких газов:</p>

<sup>4</sup> Повторить пункт 1 для каждой компетенции, закрепленной в разделе 1.



		<p>а) химически взаимодействующих;  б) электрически взаимодействующих;  в) механическая смесь без химического и электрического взаимодействия</p> <p>4. По закону Дальтона общее давление газовой смеси равно:  а) сумме произведений теплоемкостей компонентов на их объёмные доли;  б) сумме парциальных давлений всех компонентов;  в) сумме квадратов парциальных давлений компонентов;  г) сумме произведений давлений всех компонентов на их плотности.</p> <p>5. Согласно первому закону термодинамики:  а) подведенная к рабочему телу механическая энергия расходуется на совершение телом внешней работы;  б) подведенная к рабочему телу тепловая энергия идет на изменение только внутренней энергии;  в) подведенное к рабочему телу тепло расходуется на изменение внутренней энергии и совершение телом внешней работы;  г) подведенная к рабочему телу тепловая энергия расходуется на совершение механической работы.</p> <p>67. Удельная теплоемкость газа определяет количество тепла:  а) подводимого к данному количеству газа;  б) отводимого от данного количества газа;  в) идущего на совершение работы газа;  г) необходимого для повышения температуры единицы количества газа на 1°</p>
2	<p><b>Термодинамические основы работы компрессорных машин</b>  <b>Процессы изменения состояния идеальных газов. Круговые процессы. Второй закон термодинамики.</b></p>	<p>1. В изотермическом процессе все сообщаемое газу тепло расходуется:  а) на изменение внутренней энергии;  б) на совершение механической работы;  в) на изменение энтальпии.</p> <p>2. Адиабатным процессом называется процесс, протекающий:  а) при постоянном давлении;  б) без теплообмена с внешней средой;  в) без совершения механической работы;  г) при постоянной температуре;  д) при постоянном объеме.</p> <p>3. Зависимость между давлением и объемом газа в политропном процессе выражается соотношением:  а) <math>\frac{p_1}{p_2} = \frac{v_1}{v_2}</math>; б) <math>\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2</math>; в) <math>\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^k</math>; г) <math>\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^n</math>;</p> <p>4. Прямым циклом называется цикл, в результате совершения которого:  а) работа преобразуется в тепло;  б) теплота преобразуется в работу;  в) теплота преобразуется с более низкого на более высокий температурный уровень;  г) эффективность цикла оценивается холодильным коэффициентом.</p>
3	<p><b>Реальные газы. Водяной пар. Влажный воздух</b></p>	<p>1. Водяной пар и его значение в теплотехнике. Основные понятия и определения. P-V диаграмма водяного пара.  2. Исследование процесса парообразования в T-S диаграмме.  3. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Критическая точка и ее параметры.  4. Определение параметров кипящей жидкости и сухого насыщенного пара по расчетным формулам, таблицам и i-S диаграмме.  5. Влажный воздух как смесь идеальных газов. Определение влагосодержания, относительной влажности и точки росы.  6. i-d диаграмма влажного воздуха, принципы построения,</p>

		характерные особенности, определение параметров, расчет процессов.
4	<b>Процессы истечения и дросселирования газов и паров. Циклы паросиловых установок.</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уравнение первого закона термодинамики для газового потока.</li> <li>2. Сопла и диффузоры, их назначение и принцип действия.</li> <li>3. Располагаемая работа при истечении газов и паров.</li> <li>4. Определение скорости и массового расхода для истечения газов и паров из суживающегося сопла. Критическое отношение давлений.</li> <li>5. Истечение идеального газа. Сопло Лавалья.</li> <li>6. Процесс дросселирования газов и паров, его физическая сущность и уравнение. Изменение параметров в процесса дросселирования.</li> <li>7. Цикл Ренкина, его практическое значение.</li> </ol>
5	<b>Тепловые и массообменные процессы.</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общая характеристика основных видов теплообмена.</li> <li>2. Теплопроводность, основные понятия и определения. Закон Фурье.</li> <li>3. Теплопроводность в однослойной и многослойной плоской стенке тепловой поток, тепловая проводимость, термическое сопротивление стенки.</li> <li>4. Теплопроводность в многослойной цилиндрической стенке - линейная плотность теплового потока, термическое сопротивление стенки.</li> <li>5. Конвективный теплообмен – физическая сущность, основные понятия и определения. Закон Ньютона – Рихмана. Коэффициент теплоотдачи и его определение</li> <li>6. Характеристика основных критериев подобия процессов конвективного теплообмена (чисел Прандтля, Рейнольдса. Грасгофа, Нуссельта), их физический смысл и применение в тепловых расчетах.</li> <li>7. Природа лучистого теплообмена, основные законы.</li> <li>8. Сложный теплообмен.</li> <li>9. Теплопередача, основные понятия и определения. Коэффициент теплопередачи, сопротивление теплопередачи и их определение.</li> <li>10. Виды теплообменников, основы расчета и подбора.</li> <li>11. Массообменные процессы, основные уравнения, их практическое применение.</li> </ol>

### **5.2.2. Перечень контрольных материалов**

для защиты курсового проекта/ курсовой работы

Не предусмотрено учебным планом

### **5.3. Типовые контрольные задания (материалы)**

для текущего контроля в семестре

- Газ массой 20 кг подогревается от  $t_1 = 100^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 600^\circ\text{C}$ ; средняя массовая теплоёмкость газа  $c_x = 0,7$  кДж/(кг·К). Рассчитать количество сообщенного тепла  $Q$ , кДж.
- Давление в паровом котле  $P=0,4$  бара при атмосферном давлении 725 мм рт. ст. Чему будет равно избыточное давление в котле, если показание барометра повысится до 785 мм рт. ст.
- В закрытом сосуде объемом  $500 \text{ м}^3$  при давлении  $P=0,8$  Мпа и температуре 20 градусов. Какое количество теплоты необходимо подвести, чтобы температура воздуха поднялась до 120 градусов. Теплоёмкость воздуха  $c_x = 1,01$  кДж/(кг·К).
- 1 кг воздуха совершает цикл Карно в пределах температур  $t_1 = 627^\circ\text{C}$  и  $t_2 = 27^\circ\text{C}$ . Рассчитать термический КПД цикла  $\eta_t$
- Для сушки используют воздух при температуре 20 градусов относительной влажности 60 %. В калорифере его подогревают до температуры 95 градусов и направляют в сушилку, откуда он выходит при температуре 35 градусов. Вычислить конечное влагосодержание воздуха, расход воздуха и тепла на 1 кг испаренной влаги.

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме зачета используется следующая шкала оценивания: зачтено, не зачтено.

## 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, групповых и индивидуальных консультаций, текущей и промежуточной аттестации ГК, №312, 313,	Специализированная мебель. Информационные стенды по теплогазоснабжению. Мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук, информационные стенды,
2	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий по теплотехнике практических занятий и для самостоятельной работы ГК №314, №310, 007.	Лабораторные стенды, информационные стенды по теплотехнике. Интерактивная доска, мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук,

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Наименование	Принадлежность/ доступность	Адрес сайта	Наименование организации-владельца, реквизиты договора на использование
	Электронно-библиотечно			

	й системы (ЭБС)			
1	2	3	4	5
1	Электронно-библиотечная система издательства «Лань»	Сторонняя/ индивидуальный неограниченный доступ по сети интернет	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>	ООО «Издательство Лань» Контракты №326100004113000162000314 7-01 от 27/08/2013г. до 01/09/2014г. и №032610000411400007700031 47-01 от 11/08/2014г. до 01/09/2015г.
2	Электронная библиотека (на базе ЭБС «БиблиоТех» )	Собственная/ индивидуальный неограниченный доступ по сети интернет	<a href="http://ntb.bstu.ru">http://ntb.bstu.ru</a>	ФГБОУВО БГТУ им. «В.Г. Шухова»
3	Электронно-библиотечная Система "КнигаФонд"	Сторонняя/ 100 точек доступа по сети интернет	<a href="http://www.kni2afund.ru">http://www.kni2afund.ru</a>	ООО "Центр цифрового дистрибуции" Контракт №326-13к от 26/07/2013г. до 31/08/2014г

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

1. Теплообмен: учебное пособие – О.Н. Брюханов, С.Н. Шевченко, 2005.
2. Лекции по теплотехнике конспект лекций. - Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2011.— 532 с
3. Прибытков И.А. Теоретические основы теплотехники: учебник / И.А. Прибытков, И.А. Левицкий, 2004.
4. Теплопередача / под ред. В.С. Чередниченко. – Новосибирск: НГТУ, 2004.
5. Ильина Т.Н. Теплофизика: учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. – 117с.
6. Ильина Т.Н., Семенов А.С., Киреев В.М. Примеры расчетов тепло- и массообменных процессов: учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. – 144 с.
7. Теплоэнергетика и теплотехника: справочник. В 4-х кн. – под общ. Ред.

А.В. Клименко, В.М. Зорина, 2003.

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


1. <http://www.iprbookshop.ru/17063>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
2. <http://www.iprbookshop.ru/6350>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
3. <http://www.iprbookshop.ru/22626>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
4. <http://www.iprbookshop.ru/21604>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

**7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ<sup>5</sup>**

Рабочая программа утверждена на 2020\_ /2021\_ учебный год  
без изменений / с изменениями, дополнениями<sup>6</sup>

Протокол № 11 заседания кафедры от « 27 » 05 2020 г.

Заведующий кафедрой  В.А.Уваров

Директор института  В.А. Уваров

подпись, ФИО

<sup>5</sup> Заполняется каждый учебный год на отдельных листах

<sup>6</sup> Нужно подчеркнуть

