

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.  (Т.Н.Ильина)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой

Безопасность жизнедеятельности

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 30 » 05 2019 г., протокол № 10

Председатель: канд. техн. наук, доцент  (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, использования в обучении и профессиональной деятельности.</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен Знать: основные законы термодинамики, тепло-и массообмена. Уметь: рассчитывать основные параметры газов и газовых смесей при изменении их состояния, вычислять работу газа Владеть: 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 Знать: принцип действия, устройство, идеальные циклы, рабочие процессы, паросиловых установок, холодильных машин и тепловых насосов. Уметь: производить расчет параметров и процессов изменения состояния рабочего тела с применением прикладных программ. Владеть 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 общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины ¹
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	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 ²	Всего часов	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	72	72
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	36	36
лекции	17	17
лабораторные	17	17
практические		
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации ³	2	2
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	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
1. Основные законы идеальных газов. Первый закон термодинамики и его аналитические выражения.					
	Термодинамическая система. Рабочие тела и требования к ним. Внутренняя энергия и ее свойства. Теплота	4		5	8

	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				
2. Процессы изменения состояния идеальных газов. Второй закон термодинамики. Реальные газы. Водяной пар. Влажный воздух.					
	Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный процессы и их исследование. Сущность, основные формулировки и аналитические выражения II 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
3. Процессы истечения и дросселирования газов и паров. Циклы паросиловых установок.					
	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
4. Тепловые и массообменные процессы.					
	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 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.	5		4	10
	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	Основные законы идеальных газов. Первый закон термодинамики и его аналитические выражения	Методы измерения теплотехнических величин. Определение удельного объема газа Определение изобарной теплоемкости воздуха при атмосферном давлении, контрольная работа, защита лабораторных работ	5	8
2	Процессы изменения состояния идеальных газов. Второй закон термодинамики. Реальные газы. Водяной пар. Влажный воздух.	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	Процессы истечения и дросселирования газов и паров. Циклы паросиловых установок.	Определение действительного расхода воздуха при истечении через суживающееся сопло. Контрольная работа, защита лабораторной работы	3	8
4	Тепловые и массообменные процессы.	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 общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования 4

(код и формулировка компетенции)

⁴ Повторить пункт 1 для каждой компетенции, закрепленной в разделе 1.

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, использования в обучении и профессиональной деятельности.	<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	Основные законы идеальных газов. Первый закон термодинамики и его аналитические выражения	<p>1. Идеальные газы – это газы, в которых:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) размеры молекул соизмеримы с расстояниями между ними; б) между молекулами действуют силы притяжения и отталкивания; в) размеры молекул пренебрежимо малы по сравнению с расстоянием между ними; г) между молекулами действуют силы электрического взаимодействия; д) между молекулами отсутствуют силы притяжения и отталкивания. <p>2. Какова размерность газовой постоянной R в системе СИ: а) Вт; б) м/с; в) м/с²; г) Дж/(кг·К); д) Вт/(м·К).</p> <p>3. Газовая смесь – это смесь нескольких газов:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) химически взаимодействующих; б) электрически взаимодействующих; в) механическая смесь без химического и электрического взаимодействия <p>4. По закону Дальтона общее давление газовой смеси равно:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) сумме произведений теплоёмкостей 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>5. Согласно первому закону термодинамики:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) подведенная к рабочему телу механическая энергия расходуется на

		<p>совершение телом внешней работы;</p> <p>б) подведенная к рабочему телу тепловая энергия идет на изменение только внутренней энергии;</p> <p>в) подведенное к рабочему телу тепло расходуется на изменение внутренней энергии и совершение телом внешней работы;</p> <p>г) подведенная к рабочему телу тепловая энергия расходуется на совершение механической работы.</p> <p>67. Удельная теплоёмкость газа определяет количество тепла:</p> <p>а) подводимого к данному количеству газа;</p> <p>б) отводимого от данного количества газа;</p> <p>в) идущего на совершение работы газа;</p> <p>г) необходимого для повышения температуры единицы количества газа на 1°</p>
2	<p>Термодинамические основы работы компрессорных машин</p> <p>Процессы изменения состояния идеальных газов. Круговые процессы. Второй закон термодинамики.</p>	<p>1. В изотермическом процессе все сообщаемое газу тепло расходуется:</p> <p>а) на изменение внутренней энергии;</p> <p>б) на совершение механической работы;</p> <p>в) на изменение энтальпии.</p> <p>2. Адиабатным процессом называется процесс, протекающий:</p> <p>а) при постоянном давлении;</p> <p>б) без теплообмена с внешней средой;</p> <p>в) без совершения механической работы;</p> <p>г) при постоянной температуре;</p> <p>д) при постоянном объеме.</p> <p>3. Зависимость между давлением и объемом газа в политропном процессе выражается соотношением:</p> <p>а) $\frac{p_1}{p_2} = \frac{v_1}{v_2}$; б) $\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2$; в) $\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^k$; г) $\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^n$;</p> <p>4. Прямым циклом называется цикл, в результате совершения которого:</p> <p>а) работа преобразуется в тепло;</p> <p>б) теплота преобразуется в работу;</p> <p>в) теплота преобразуется с более низкого на более высокий температурный уровень;</p> <p>г) эффективность цикла оценивается холодильным коэффициентом.</p>
3	<p>Реальные газы. Водяной пар. Влажный воздух</p>	<p>1. Водяной пар и его значение в теплотехнике. Основные понятия и определения. P-V диаграмма водяного пара.</p> <p>2. Исследование процесса парообразования в T-S диаграмме.</p> <p>3. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Критическая точка и ее параметры.</p> <p>4. Определение параметров кипящей жидкости и сухого насыщенного пара по расчетным формулам, таблицам и i-S диаграмме.</p> <p>5. Влажный воздух как смесь идеальных газов. Определение влагосодержания, относительной влажности и точки росы.</p> <p>6. i-d диаграмма влажного воздуха, принципы построения, характерные особенности, определение параметров, расчет процессов.</p>
4	<p>Процессы истечения и дросселирования газов и паров. Циклы паросиловых установок.</p>	<p>1. Уравнение первого закона термодинамики для газового потока.</p> <p>2. Сопла и диффузоры, их назначение и принцип действия.</p> <p>3. Располагаемая работа при истечении газов и паров.</p> <p>4. Определение скорости и массового расхода для истечения газов и паров из суживающегося сопла. Критическое отношение давлений.</p> <p>5. Истечение идеального газа. Сопло Лавала.</p> <p>6. Процесс дросселирования газов и паров, его физическая</p>

		сущность и уравнение. Изменение параметров в процесса дросселирования. 7. Цикл Ренкина, его практическое значение.
5	Тепловые и массообменные процессы.	1.Общая характеристика основных видов теплообмена. 2.Теплопроводность, основные понятия и определения. Закон Фурье. 3.Теплопроводность в однослойной и многослойной плоской стенке тепловой поток, тепловая проводимость, термическое сопротивление стенки. 4.Теплопроводность в многослойной цилиндрической стенке - линейная плотность теплового потока, термическое сопротивление стенки. 5.Конвективный теплообмен – физическая сущность, основные понятия и определения. Закон Ньютона – Рихмана. Коэффициент теплоотдачи и его определение 6.Характеристика основных критериев подобия процессов конвективного теплообмена (чисел Прандтля, Рейнольдса. Грасгофа, Нуссельта), их физический смысл и применение в тепловых расчетах. 7. Природа лучистого теплообмена, основные законы. 8. Сложный теплообмен. 9.Теплопередача, основные понятия и определения. Коэффициент теплопередачи, сопротивление теплопередачи и их определение. 10.Виды теплообменников, основы расчета и подбора. 11. Массообменные процессы, основные уравнения, их практическое применение.

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

1. Газ массой 20 кг подогревается от $t_1 = 100^{\circ}\text{C}$ до $t_2 = 600^{\circ}\text{C}$; средняя массовая теплоёмкость газа $c_x = 0,7 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$. Рассчитать количество сообщенного тепла Q , кДж.
2. 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.
3. В закрытом сосуде объемом 500 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 $c_x = 1,01 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$.

4. 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 η_t
5. 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 Электронно-библиотечной системы (ЭБС)	Принадлежность/доступность	Адрес сайта	Наименование организации-владельца, реквизиты договора на использование
1	2	3	4	5
1	Электронно-библиотечная система издательства «Лань»	Сторонняя/индивидуальный неограниченный доступ по сети	http://e.lanbook.com	ООО «Издательство Лань» Контракты №326100004113000162000314 7-01 от 27/08/2013г. до 01/09/2014г. и №032610000411400007700031

		интернет		47-01 от 11/08/2014г. до 01/09/2015г.
2	Электронная библиотека (на базе ЭБС «Библио-Тех»)	Собственная/ индивидуальный неограниченный доступ по сети интернет	http://ntb.bstu.ru	ФГБОУВО БГТУ им. «В.Г. Шухова»
3	Электронно-библиотечная Система "КнигаФонд"	Сторонняя/ 100 точек доступа по сети интернет	http://www.kni2afund.ru	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 ПРОГРАММЫ⁵

Рабочая программа утверждена на 2020_ /2021_ учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями⁶

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

Заведующий кафедрой  В.А.Уваров

Директор института  В.А. Уваров

подпись, ФИО

⁵ Заполняется каждый учебный год на отдельных листах

⁶ Нужно подчеркнуть

