
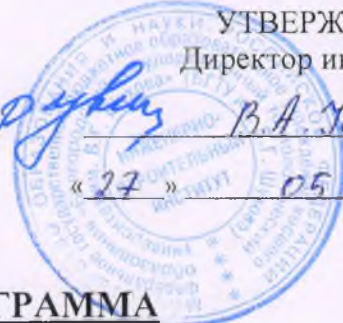


1

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  
  
« 27 » 05 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

**Теплотехника**

направление подготовки (специальность):

35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих  
производств»

Направленность программы (профиль, специализация):

**Технология деревоперерабатывающих производств**

Квалификация (степень)  
бакалавр

Форма обучения  
очная

**Институт:** инженерно-строительный

**Кафедра:** теплогазоснабжения и вентиляции

Рабочая программа составлена на основании требований:

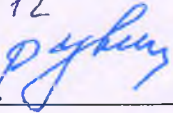
- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования \_ по направлению подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом № 698 от 26 июля 2017 г.

- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель: канд. техн. наук, доцент  (О.А. Щербина)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры  
Теплогазоснабжения и вентиляции

«14» 05 2021 г., протокол № 12

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


Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой  
Теоретической механики и сопротивления материалов

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент (А.Н. Дегтярь)

«    »      2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

«27» 05 2021 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
Теоретическая фундаментальная подготовка	ОПК-1 Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий	ОПК-1.6 Решает инженерные задачи производственной деятельности на основе основных законов физических и химических наук	Знать: основные законы теплотехники, необходимые для решения типовых задач в области лесозаготовок и деревообработки. Уметь: использовать основные законы теплотехники, необходимые для решения типовых задач в области лесозаготовок и деревообработки. Владеть: методами расчета типовых задач в области теплотехнологий.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция** ОПК-1 Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины <sup>1</sup>
1	Высшая математика
2	Физика
3	Информационные технологии
4	Начертательная геометрия и инженерная графика
5	Материаловедение. Технология конструкционных материалов
6	Теоретическая механика
7	Сопротивление материалов
8	Детали машин
9	Гидравлика, гидро- и пневмопривод
10	Теплотехника
11	Электротехника и электроника
12	Проектирование лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств
13	Методы и средства научных исследований
14	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины 4 зач. единицы, 144 часов

Форма промежуточной аттестации экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	55	55
лекции	17	17
лабораторные	17	17
практические	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации <sup>2</sup>	4	4
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	89	89
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задания		
Индивидуальное домашнее задание	9	9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	44	44
Экзамен	36	36

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Наименование тем, их содержание и объем Курс 2 семестр 3

№ раздела	Наименование раздела дисциплины (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час.			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<b>1. Техническая термодинамика Параметры, уравнение состояния и процессы идеального газа.</b>					
	Предмет дисциплины и ее основные разделы. Параметры состояния и уравнение состояния идеального газа. Смеси газов. Термодинамические процессы. I закон термодинамики. Работа, теплота, внутренняя энергия. Теплоемкость. Анализ важнейших термодинамических процессов. Энтальпия. Политропные процессы. Прямые и обратные термодинамические циклы. Термический КПД и холодильный коэффициент цикла. II закон термодинамики. Цикл Карно. Энтропия.	3	3	3	6
<b>2. Реальные газы и водяной пар.</b>					
	Уравнение реального газа по Ван-дер-Ваальсу. Водяной пар. Состояние насыщения. Процесс парообразования. Диаграммы $p, v; i, s; T, s$ и таблицы водяного пара. Термодинамические процессы водяного пара. Истечение и дросселирование I закон термодинамики для потока. Работа проталкивания. Сопла и диффузоры. Расчет сопел. Дросселирование.	2	2	2	6
<b>3. Циклы тепловых двигателей. Компрессоры</b>					
	Цикл паросиловой установки. Влияние параметров пара на КПД ПСУ. Способы повышения эффективности ПСУ. Классификация компрессоров. Работа получения сжатого газа. Одноступенчатые и многоступенчатые компрессоры	2	2	2	6
<b>4. Основные понятия и термины теории теплообмена. Теплопроводность.</b>					
	Виды теплообмена и основные расчетные соотношения.	2	2	2	6

	Температурное поле. Закон Фурье. Закон Ньютона-Рихмана. Закон Стефана-Больцмана. Уравнение теплопередачи. Стационарная теплопроводность и теплопередача плоской и цилиндрической однослойных и многослойных стенок. Нестационарная теплопроводность.				
<b>5. Конвективный теплообмен.</b>					
	Факторы, определяющие интенсивность теплообмена. Виды конвекции. Турбулентность. Понятие о пограничном слое. Основы теории подобия. Теоремы подобия. Числа и уравнения подобия.	2	2	2	5
<b>6. Теплообменные аппараты.</b>					
	Классификация теплообменных аппаратов; уравнения теплового баланса и теплопередачи; средний температурный напор. конструктивный расчет теплообменных аппаратов	2	2	2	5
<b>7. Лучистый и сложный теплообмен.</b>					
	Законы излучения. Лучистый теплообмен между телами в прозрачной среде. Излучение и поглощение газов. Теплообмен между газом оболочкой	2	2	2	5
<b>8. Теплообмен при фазовых превращениях.</b>					
	Теплообмен при кипении. Режимы кипения. Теплообмен при конденсации. Режимы течения пленки конденсата	2	2	2	5
ИТОГО:		17	17	17	44

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № <u>3</u>				
1	<b>Техническая термодинамика</b>	Идеальные газы. Процессы и первый закон термодинамики. Циклы и второй закон термодинамики. Решение задач на расчет параметров состояния идеального газа. Определение количества подведенной	5	8

		теплоты и работы. Расчет газового цикла. Определение параметров водяного пара, расчет процессов водяного пара. Расчет цикла Ренкина		
2	<b>Основы теплообмена, стационарная теплопроводность</b>	Решение задач на стационарную теплопроводность и теплопередачу для плоской и цилиндрической однослойных и многослойных стенок	4	5
3	<b>Конвективный теплообмен</b>	Решение задач на определение коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции. Решение задач на определение коэффициентов теплоотдачи при вынужденной конвекции.	4	5
4	<b>Теплообменные аппараты.</b>	Расчет теплообменного аппарата. Расчет лучистого теплообмена и при фазовых превращениях	4	5
			Итого: 17	23
			Всего:	40

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № <u>3</u>				
1	<b>Техническая термодинамика</b>	Методы измерения теплотехнических величин и обработка полученных результатов. Определение поля температур в помещении	2	3
2	<b>Техническая термодинамика</b>	Измерения и средства измерения давления. Приборы для определения давления. Избыточное и полное давление в системе. Определени удельного объема газа	2	3
3	<b>Реальные газы и водяной пар.</b>	Определение относительной влажности атмосферного воздуха, исследование процессов во влажном воздухе	2	3
4	<b>Реальные газы и водяной пар.</b>	Определение изобарной теплоемкостивоздуха при атмосферном давлении	2	3
5	<b>Циклы тепловых двигателей.</b>	Исследование процесса сжатия воздуха в поршневом компрессоре	2	3

Компрессоры.				
6	<b>Основные понятия и термины теории теплообмена. Теплопроводность.</b>	Определение коэффициента теплопроводности материала методом цилиндрического слоя.	2	4
7	<b>Основные понятия и термины теории теплообмена. Теплопроводность.</b>	Определение степени черноты твердого тела	5	4
ИТОГО:			17	23
ВСЕГО:				40

#### 4.4. Содержание курсового проекта/работы<sup>3</sup>

Не предусмотрено учебным планом

#### 4.5. Содержание индивидуальных домашних заданий<sup>4</sup>

##### Индивидуальное домашнее задание.

**Цель задания:** Приобретение практических навыков по формулированию основных законов статики и динамики жидкости и газа, термодинамики и законам теплообмена, их анализу и использованию для принятия решений.

**Структура работы.** Теоретическое задание, включающее темы рефератов. Практическое задание – это решение задач по рассматриваемым разделам (гидростатики, уравнения баланса расхода и энергии, потери напора на гидравлические сопротивления, процессы изменения состояния воздуха, расчет теплопроводности, теплопередачи, лучистый теплообмен).

**Оформление индивидуального домашнего задания.** ИДЗ предоставляется преподавателю для проверки в двух видах: отчет, на бумажных листах в формате А4, и в виде файлов, содержащих решение практических заданий. Решение задач ИДЗ должно сопровождаться необходимыми комментариями, т.е. все основные моменты процесса решения задачи должны быть раскрыты и обоснованы на основе соответствующих теоретических положений. Срок сдачи ИДЗ определяется преподавателем.

##### *Типовые варианты заданий*

##### *Вариант 1 (термодинамика)*

**1.1.** Разрежение в газоходе парового котла, измеряемое тягомером, равно  $P_{\text{мм вод. ст.}}$ . Определить абсолютное давление газов, если показание барометра 730 мм рт. ст., и выразить его в МПа.

**1.2.** В закрытом сосуде объемом  $V$  находится воздух при давлении  $P_1=0,8$  МПа и температуре  $t_1=20^\circ\text{C}$ . Какое количество теплоты необходимо подвести для того, чтобы температура воздуха поднялась до  $t_2=120^\circ\text{C}$ ?

**1.3.** Какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы нагреть  $V$  м<sup>3</sup> воздуха при постоянном избыточном давлении  $P = 2$  ат. от  $t_1 = 120^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 450^\circ\text{C}$ ? Какую работу при этом совершит воздух?

Атмосферное давление принять равным 750 мм рт. ст.

№ задачи	Значение	№ варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
3.1	$P, \text{ мм вод. ст.}$	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33
3.2	$V, \text{ л}$	300	350	400	450	500	560	600	650	700	750
3.3	$V, \text{ м}^3$	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,2	3,4	3,6	3,8

##### *Вариант 2 (Реальные газы)*



**2.1.** Состояние влажного воздуха характеризуется температурой  $t = 25^{\circ}\text{C}$  и относительной влажностью  $\varphi$  %. Барометрическое давление, при котором находится воздух, равно 745 мм рт. ст. Найти парциальное давление пара в воздухе и его влагосодержание. Найти на диаграмме  $i, d$  точку, соответствующую состоянию воздуха, определить из диаграммы  $d$  и сравнить с результатом решения.

Задача	Значение	№ варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
6.1	$P$ , бар	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
6.2	$t$ , $^{\circ}\text{C}$	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
6.3	$i$ , $^{\circ}\text{C}$	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68
6.4	$\varphi$ , %	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48

### Вариант 3 (Теплообмен)

**3.1** Плоскую поверхность с температурой  $t_1$  необходимо изолировать так, чтобы потери теплоты не превышали значения теплового потока равного  $q$ , при температуре на внешней поверхности изоляции  $t_2$ . Найти толщину слоя изоляции, если его коэффициент теплопроводности равен  $\lambda$ .

параметр	вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$t_1$ , $^{\circ}\text{C}$	620	580	530	470	400	350	280	250	200	150
$t_2$ , $^{\circ}\text{C}$	50	49	47	45	43	41	40	39	35	20
$q$ , $\text{Вт}/\text{м}^2$	450	300	400	350	450	200	200	150	125	50
$\lambda$ , $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$	0,1	0,13	0,2	0,15	0,29	0,29	0,24	0,12	0,29	0,11

**3.2.** Оконная рама состоит из двух слоев стекла толщиной по  $X$  мм каждый. Между стеклами находится слой сухого неподвижного воздуха толщиной  $Y$  мм со средней температурой  $t_b$ . Площадь поверхности окна  $F$   $\text{м}^2$ . Определить потерю теплоты теплопроводностью через окно, если разность температур равна  $\Delta t$ .

параметр	вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$X$ , мм	5	2	6	3	5	4	6	3	2	5
$Y$ , мм	4	8	4	7	6	7	3	4	5	2
$t_b$ , $^{\circ}\text{C}$	2	-1	1	0	0	0	-1	2	1	0
$F$ , $\text{м}^2$	7	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	3,5	2
$\Delta t$ , $^{\circ}\text{C}$	30	29	27	26	25	24	23	22	21	20

**3.3** Определить поверхность нагрева рекуперативного теплообменника при прямоточном и противоточном движении теплоносителей. Теплоносителем является газ начальной температурой  $t_1$  и конечной  $t_2$ . Необходимо нагреть некоторый объем воздуха при нормальных физических условиях  $G$  от  $t_3$  до  $t_4$ . Принять коэффициент теплопередачи 20  $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$ , теплоемкость воздуха постоянной.

параметр	вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$t_1$ , $^{\circ}\text{C}$	650	640	630	620	610	600	590	580	570	560
$t_2$ , $^{\circ}\text{C}$	250	350	275	325	300	225	400	375	200	350
$t_3$ , $^{\circ}\text{C}$	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$t_4$ , $^{\circ}\text{C}$	180	185	190	240	230	220	210	200	190	180
$G$ , тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$	20	25	30	35	40	21	32	39	41	25

В процессе выполнения индивидуальных домашних заданий осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитория и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

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

### 5.1. Реализация компетенций

**1. Компетенция** ОПК-1 Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-1.6 Решает инженерные задачи производственной деятельности на основе основных законов физических и химических наук	Выполнение и защита ИДЗ, решение задач по расчету тепло и массообменных процессов контрольные работы, тестовый контроль, собеседование, устный опрос, экзамен.

### 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	Техническая термодинамика Параметры, уравнение состояния и процессы идеального газа	1. Идеальные газы , основные свойства: Какова размерность газовой постоянной $R$ в системе СИ. 3. Уравнение Клапейрона-Менделеева. 4. Что собой представляет газовая смесь? 5. Сущность закона Дальтона. 6. Формулировка первого закон термодинамики. 7. Теплоемкость, виды удельной теплоёмкости, их взаимосвязь. 8. Изобарная и изохорная теплоемкость, уравнение Майера. 9. Теплоемкость смеси идеальных газов. 10. Изопрцессы в $p-v$ и $T-s$ координатах 11. Зависимость между давлением и объемом газа в политропном процессе. 12. Понятие термодинамических циклов. 13. Формулировки второго закона термодинамики. 14. Прямой цикл Карно в $p-v$ и $T-s$ координатах. 15. Термический КПД цикла Карно. 16. Обратный обратимый цикл Карно, его практическое применение. 17. Холодильный коэффициент обратного цикла.
2	Реальные газы и водяной пар.	1. Водяной пар и его значение в теплотехнике. Основные понятия и определения. $P-V$ диаграмма водяного пара в $T-S$ диаграмме. 2. Исследование процесса парообразования. 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

		<p>влагосодержания, относительной влажности и точки росы.</p> <p>6. i-d диаграмма влажного воздуха, принципы построения, характерные особенности, определение параметров, расчет процессов.</p> <p>7. Уравнение первого закона термодинамики для газового потока.</p> <p>8. Сопла и диффузоры, их назначение и принцип действия.</p> <p>9. Располагаемая работа при истечении газов и паров.</p> <p>10. Определены скорости и массового расхода для истечения газов и паров из суживающегося сопла. Критическое отношение давлений.</p> <p>11. Истечение идеального газа. Сопло Лавала.</p> <p>12. Процесс дросселирования газов и паров, его физическая сущность и уравнение. Изменение параметров в процесса дросселирования.</p>
3	Циклы тепловых двигателей. Компрессоры.	<p>1. Сформулируйте и запишите выражение для термического КПД произвольного прямого цикла. Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p> <p>2. Сформулируйте и запишите выражение для термического КПД цикла Карно. Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин</p> <p>3. Сформулируйте и запишите выражение для термического КПД цикла Ренкина. Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p>
4	Основные понятия и термины теории теплообмена. Теплопроводность	<p>1. Сформулируйте и запишите выражение для закона Фурье. Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p> <p>1. Сформулируйте и запишите выражение для закона Ньютона-Рихмана. Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p> <p>2. Сформулируйте и запишите выражение для закона Стефана-Больцмана. Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p> <p>3. Сформулируйте и запишите выражение уравнения теплопередачи. Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p> <p>4. Сформулируйте и запишите выражение для коэффициента теплопередачи однослойной плоской стенки. Сформулируйте физический</p>

		<p>смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p> <p>5. Сформулируйте и запишите выражение для коэффициента теплопередачи двухслойной плоской стенки. Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p> <p>6. Сформулируйте и запишите выражение для многослойной плоской стенки. Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p>
6.	Конвективный теплообмен.	<p>1. Идеальный газ как простейшая модель рабочей среды. Основные параметры рабочего тела Уравнение Клапейрона-Менделеева состояния идеального газа.</p> <p>2. Смеси идеальных газов. Определение средней (кажущейся) молекулярной массы, плотности и газовой постоянной смеси.</p> <p>3. Понятия о внешней и внутренней энергии тела. Две формы передачи энергии. Теплота и работа.</p> <p>4. Эквивалентность теплоты и работы. Формулировка и аналитическая форма I закона термодинамики.</p> <p>5. Энтальпия, основные понятия и определения. Определение энтальпии идеального газа.</p> <p>6. Основные понятия о теплоемкости. Массовая, объемная и мольная теплоемкости и их взаимосвязь. Изохорная и изобарная теплоемкости, уравнение Майера.</p> <p>7. Энтропия, основные понятия и определения. Вычисление изменения энтропии идеального газа. Тепловая T-S диаграмма и ее применение.</p> <p>8. Круговые процессы или циклы. Прямой и обратный цикл Карно и его значение в теплотехнике.</p> <p>9. Второй закон термодинамики, его сущность и основные формулировки, их связь с принципом действия технических устройств.</p>
7	Теплообменные аппараты.	<p>1. Сформулируйте и запишите выражение уравнения теплового баланса теплообменного аппарата, в котором оба теплоносителя не меняют фазовое состояние. Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p> <p>2. Сформулируйте и запишите выражение уравнения теплового баланса теплообменного аппарата, в котором оба теплоносителя меняют фазовое состояние. Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p> <p>3. Сформулируйте и запишите выражение уравнения теплового баланса теплообменного аппарата, в котором греющий теплоноситель меняет фазовое состояние</p>

		<p>(конденсируется), а нагреваемый не меняет фазовое состояние. Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p> <p>4. Сформулируйте и запишите выражение уравнения теплового баланса теплообменного аппарата, в котором греющий теплоноситель не меняет фазовое состояние, а нагреваемый меняет фазовое состояние. Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p> <p>5. Запишите выражение для определения числа Нуссельта. Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p> <p>6. Запишите выражение для числа Рейнольдса. Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p> <p>7. Запишите выражение для числа Грасгофа. Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p> <p>8. Сформулируйте и запишите выражение для числа Прандтля. Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p> <p>9. Запишите выражение для расчета средней скорости течения в канале. Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p> <p>10. Сформулируйте и запишите выражение для среднелогарифмического температурного напора в теплообменном аппарате. Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p> <p>11. Сформулируйте и запишите выражение для среднеарифметического температурного напора. Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p> <p>12. Запишите выражение для эквивалентного диаметра. В каких случаях используется эта величина? Сформулируйте физический смысл и приведите размерности всех входящих в записанное выражение величин.</p>
8	Лучистый и сложный теплообмен.	<p>1. Общая характеристика основных видов теплообмена.</p> <p>2. Теплопроводность, основные понятия и определения.</p>

	<p>Закон Фурье.</p> <p>3. Теплопроводность в однослойной и многослойной плоской стенке тепловой поток, тепловая проводимость, термическое сопротивление стенки.</p> <p>4. Конвективный теплообмен – физическая сущность, основные понятия и определения. Закон Ньютона – Рихмана. Коэффициент теплоотдачи и его определение.</p> <p>5. Лучистый теплообмен, основные понятия и законы. Расчет количества теплоты при сложном теплообмене.</p> <p>6. Теплопередача, основные понятия и определения. Коэффициент теплопередачи, сопротивление теплопередачи и их определение.</p> <p>7. Теплообменники, основное уравнение расчета и подбора теплообменников.</p>
--	---

### 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. Разрежение в газоходе парового котла, измеряемое тягомером, равно  $P$  мм вод. ст. Определить абсолютное давление газов, если показание барометра 730 мм рт. ст., и выразить его в МПа.
2. В закрытом сосуде объемом  $V$  находится воздух при давлении  $P_1=0,8$  МПа и температуре  $t_1=20^\circ\text{C}$ . Какое количество теплоты необходимо подвести для того, чтобы температура воздуха поднялась до  $t_2=120^\circ\text{C}$ ?
3. Какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы нагреть  $V$  м<sup>3</sup> воздуха при постоянном избыточном давлении  $P = 2$  ат. от  $t_1 = 120^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 450^\circ\text{C}$ ? Какую работу при этом совершит воздух?
4. Манометр парового котла показывает давление  $P$ , бар. Показания барометра 776 мм.рт.ст. Считая пар сухим насыщенным, определить его температуру, удельный объем и энтальпию.
5. Найти давление, удельный объем и плотность воды, если она находится в состоянии кипения и температура её равна  $t$ .
6. Определить влагосодержание воздуха при температуре  $t^\circ\text{C}$  и барометрическом давлении  $P_{\text{бар}} = 735$  мм. рт. ст, если относительная влажность воздуха  $\varphi = 60$  %.

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

При промежуточной аттестации в форме экзамена, 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
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
Умение	Четкость изложения и интерпретации знаний
	Умение использовать термины, определения, понятия
	Умение использовать основные закономерности, соотношения,

	принципы
	Объем освоенного материала
	Способность полностью отвечать на вопросы
	Способность четко излагать и интерпретировать знания
Владение	Владение знаниями, терминами, определениями, понятиями
	Владение знаниями основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний

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

### 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	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретирует и использует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном 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 вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	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	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и	Грамотно и, по существу, излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает

		интерпретации знаний		самостоятельные выводы
--	--	-------------------------	--	---------------------------

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение использовать термины, определения, понятия	Не умеет использовать термины и определения	Умеет использовать термины и определения, но допускает неточности формулировок	Умеет использовать термины и определения	Умеет использовать термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Умение использовать основные закономерности, соотношения, принципы	Не умеет использовать основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	Умеет использовать основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	Умеет использовать основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретирует и использует	Умеет использовать основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
Объем освоенного материала	Не способен к освоению значительной части материала дисциплины	Способен к освоению только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Способен к освоению материала дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Способность полностью отвечать 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 вопросы
Способность четко излагать и интерпретировать знания	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не способен иллюстрировать поясняющими схемами, рисунками и примерами	Способен выполнять поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Способен выполнять поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	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	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

### Оценка сформированности компетенций по показателю Владения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение знаниями,	Не владеет терминами и	Владеет терминами и определениями,	Владеет терминами и	Владеет терминами и определениями,



терминами, определениями, понятиями	определениями	но допускает неточности формулировок	определениями	может корректно сформулировать их самостоятельно
Владение знаниями основных закономерностей, соотношений, принципов	Не владеет основными закономерностями и соотношениями, принципами построения знаний	Владеет основными закономерностями и соотношениями, принципами построения знаний	Владеет основными закономерностями и соотношениями, принципами построения знаний, их интерпретирует и использует	Владеет основными закономерностями и соотношениями, принципами построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
Объем освоенного материала	Не владеет значительной частью материала дисциплины	Владеет только основным материалом дисциплины, не усвоил его деталей	Владеет материалом дисциплины в достаточном 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 вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Владеет знаниями без логической последовательности	Владеет знаниями с нарушениями в логической последовательности	Владеет знаниями без нарушений в логической последовательности	Владеет знаниями в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не способен иллюстрировать поясняющими схемами, рисунками и примерами	Способен выполнять поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Способен выполнять поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полностью усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и точно излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

## **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 теплотехнике. 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.	Лабораторные стенды, информационные стенды по теплотехнике. Интерактивная доска, мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук,

## 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft, Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V9221014 от 2020-11-01 до 2023-10-31
2	Autodesk, Inc, Autocad	Соглашение о предоставлении лицензии и оказании услуг 3206 от 11 декабря 2020 года

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

1. Ильина Т.Н., Семиненко А.С. Основы гидравлики и теплотехники: учеб. пособие – Белгород.: Изд-во БГТУ, 2015 -169 с.
2. Примеры расчетов тепло- массообменных процессов: учеб.пособие / Т.Н. Ильина, А.С. Семиненко, В.М. Киреев– Белгород: Изд-во БГТУ, 2011-144 с.
3. Кузнецов А.А. Основы гидрогазодинамики: Учебное пособие.- Белгород: Изд-во БГТУ, 2011
4. Лапшев Н. Н. Леонтьева Ю. Н. Основы гидравлики и теплотехники: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования – М. Издательский центр «Академия», 2012. – 400 с.
5. Ильина Т.Н. Основы гидравлического расчета инженерных сетей. Учебное пособие.-М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2005- 192с.
6. Ильина Т.Н., Киреев В.М. Механика жидкости и газа: методические указания.- Белгород: Изд-во БГТУ, 2008-42с.
7. Захаров А.А. Техническая термодинамика и теплотехника: Учебник.-М.: Изд-во Академия, 2005.
8. Брюханов А.А. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики: Учебник - М.: Изд-во Инфра-М, 2005

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

<http://www.iprbookshop.ru/20500.html>  
<http://www.iprbookshop.ru/20500.html>  
<http://www.iprbookshop.ru/20797>  
<http://www.iprbookshop.ru/1>