

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:
20.05.01 «Пожарная безопасность»

Направленность программы:
Пожарная безопасность

Квалификация
специалист

Форма обучения
очная

Институт: инженерно-строительный

Кафедра: теплогазоснабжение и вентиляции

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 25.05.2020. г. № 679.
- учебного плана БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2021 году.

Составитель (составители):

канд. техн. наук, доцент



(А.С. Семенов)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

«14» мая 2021 г., протокол № 12

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, профессор



(В.А. Уваров)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой
Защита в чрезвычайных ситуациях

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент



(В.Н. Шульженко)

« 14 » 05 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

«27» 05 2021 г., протокол № 10

Председатель канд. техн. наук, доцент



(Л.А. Порожнюк)

А.Ю. Реонгислов

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
ОПК	ОПК-3 Способен решать прикладные задачи в области обеспечения пожарной безопасности, охраны окружающей среды и экологической безопасности, используя теорию и методы фундаментальных наук	ОПК-3.3 Решает прикладные задачи используя теорию и методы фундаментальных наук	Знает терминологию, основные законы и методы теплофизики. Умеет решать прикладные задачи в области обеспечения пожарной безопасности, охраны окружающей среды и экологической безопасности, используя теорию и методы теплофизики Владеет навыками решения прикладных задач используя теорию и методы теплофизики

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ОПК-3. Способен решать прикладные задачи в области обеспечения пожарной безопасности, охраны окружающей среды и экологической безопасности, используя теорию и методы фундаментальных наук.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Экология
2	Физика
3	Химия
4	Математика
5	Механика
6	Теплофизика
7	Гидрогазодинамика
8	Пожарная тактика
9	Специальная профессиональная и прикладная подготовка
10	Производственная технологическая (проектно-технологическая) практика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

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

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

Вид учебной работы	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	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	9	9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	25	25
Форма промежуточной аттестации (зачет)	-	-

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. Термодинамические основы работы систем теплогазоснабжения и вентиляции					
	Основные понятия и определения. Тепловые и холодильные машины. Термодинамические циклы, эффективность. Альтернативные источники энергии. Проблема экономии топлива. Защита окружающей среды.	8	–	8	12
2. Теплообменные процессы					
	Теплообмен в энергетике и строительстве, значение теплообмена в технологических процессах. Виды теплообмена. Теплообменные аппараты, основы теплового расчета.	6	–	6	8
3. Массообменные процессы					
	Основные понятия и определения. Уравнение массообмена. Совместное действие и аналогия процессов переноса теплоты и массы. Тепло-массообмен при фазовых превращениях. Расчет тепло- и массообменных аппаратов.	3	–	3	5
	ВСЕГО	17	–	17	25

4.2. Содержание 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	Термодинамические основы работы систем теплогазоснабжения и вентиляции	Циклы компрессорных машин. Циклы холодильных машин.	8	8
2	Теплообменные процессы	Теплопроводность Конвективный теплообмен Теплообменные установки	6	6
3	Массообменные процессы	Массообмен в установках систем ТГВ	3	3
ИТОГО:			17	17

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрены учебным планом

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

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

Состоит из 5 задач по курсу «Теплофизика»:

1. В закрытом сосуде объемом V находится двуокись углерода при P_1 и t_1 . Газу сообщается количество теплоты, равное Q . Определить температуру и давление двуокиси углерода в конце процесса. Теплоемкость газа считать постоянной.

2. В трубках воздухоподогревателя парогенератора протекает воздух в количестве V_n (приведенный к нормальным условиям). Его температура на входе t_1 . Какова температура воздуха на выходе из воздухоподогревателя, если топочные газы сообщают воздуху количество теплоты Q ? Определить работу расширения воздуха, которую он совершает в течении 1 часа. Процесс подогрева воздуха считать изобарным, происходящим при $P=0.1$ МПа. Потерями теплоты в окружающую среду пренебречь.

3. Воздух в количестве V при температуре t и давлении P поступает в компрессор, где сжимается, а затем протекает между трубами холодильника, в которых движется охлаждаемая вода. Определить расход воды, если на выходе из компрессора воздух имеет параметры t_1 и P_1 . Температура воздуха за холодильником 40. Вода нагревается на 20.

4. В экранную трубу парового котла поступает M кг/ч воды при температуре насыщения. Найти плотность выходящей из трубы пароводяной смеси, если давление в котле P , а тепловосприятие трубы q ; изменением давления по высоте пренебречь.

5. Стальной цилиндрический резервуар диаметром D и длиной l заполнен сухим насыщенным паром с давлением P_1 . К резервуару подводится некоторое количество теплоты, в результате чего давление увеличивается до P_2 . Определить конечную температуру пара и количество подведенного тепла.

6. Начальное состояние влажного воздуха при атмосферном давлении задано параметрами t_0 и φ . Воздух охлаждается до температуры t . Определить сколько влаги выходит из каждого килограмма воздуха.

7. Идеальный поршневой компрессор сжимает $V_m^3/ч$ воздуха (в пересчете на НФУ) с температурой t_1 от P_1 до P_2 . Определить мощность, затрачиваемую на привод компрессора и температуру газа на выходе из компрессора, если сжатие происходит адиабатно.

8. В нагревательной печи, где температура газов $t_{ж1}$, стенка площадью 50 м^2 сделана из трех слоев: диатомитового кирпича толщиной 70 мм, красного кирпича толщиной 250 мм и снаружи слоя изоляции толщиной $из$. Воздух в цехе имеет температуру $t_{ж2}$.

9. Насыщенный водяной пар при давлении P конденсируется на вертикальной трубе высотой h . Разность температур пара и поверхности трубы равна Δt . Рассчитать и построить график изменения локального коэффициента теплоотдачи и толщины слоя конденсата по длине трубы. Чему равно среднее значение коэффициента теплоотдачи?

10. На поверхности горизонтальной трубы диаметром d и длиной l трубчатого теплообменника конденсируется сухой насыщенный пар при давлении P . Температура поверхности трубки - t_c . Определить среднее значение коэффициента теплоотдачи от пара к трубе и количество образовавшегося в течение часа конденсата.

11. Определить среднее значение коэффициента теплоотдачи от сухого насыщенного водяного пара к поверхности вертикальной трубы диаметром d и длиной l , если давление пара P , а температура стенки t_c . Определить также количество образовавшегося в течение часа конденсата.

12. Какую температуру стенки t_c необходимо обеспечить, чтобы при пленочной конденсации сухого насыщенного пара на поверхности горизонтальной трубы диаметром d и длиной l конденсировалось $G=7 \cdot 10^8$ кг/с пара? Давление пара P . Определить также значение коэффициента теплоотдачи.

13. Определить величину коэффициента теплоотдачи от поверхности кипятильника и величину теплового потока при пузырьковом режиме кипения воды при атмосферном давлении, если температура поверхности кипятильника t_c . Диаметр кипятильника d , длина l .

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1 Компетенция *ОПК-3 Способен решать прикладные задачи в области обеспечения пожарной безопасности, охраны окружающей среды и экологической безопасности, используя теорию и методы фундаментальных наук.*

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-3 Способен решать прикладные задачи в области обеспечения пожарной безопасности, охраны окружающей среды и экологической безопасности, используя теорию и методы фундаментальных наук	зачет, защита ИДЗ, защита лабораторной работы, тестовый контроль, собеседование, устный опрос

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена / дифференцированного зачета / зачета

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1.	Термодинамические основы теплообменных процессов в системах инженерного оборудования	Термодинамика, как одна из общеинженерных дисциплин, ее содержание и значение. Исторический путь развития.
2.		Понятие о внешней и внутренней энергии тела. Две формы передачи энергии. Теплота и работа.
3.		Термодинамическая система и ее взаимодействие с окружающей средой. Виды термодинамических систем.
4.		Рабочее тело, основные понятия и определения. Основные параметры состояния рабочего тела.
5.		Идеальный газ как простейшая модель рабочей среды Уравнение состояния идеального газа в форме Клапейрона и в форме Менделеева.
6.		Основные законы идеальных газов.
7.		Смеси идеальных газов. Основные понятия и определения. Способы задания состава и связь между ними. Закон Дальтона.
8.		Смеси идеальных газов. Определение средней (кажущейся) молекулярной массы, плотности и газовой постоянной смеси.
9.		Внутренняя энергия газа и ее определение.
10.		Работа изменения объема газа и ее определение.
11.		Эквивалентность теплоты и работы. Формулировки аналитическая форма первого закона термодинамики.
12.		Энтальпия, основные понятия и определения. Определение энтальпии идеального газа.
13.		Аналитическое выражение первого закона термодинамики через энтальпию. Физический смысл энтальпии.
14.		Понятие теплоты процесса. Основные понятия о теплоемкости. Массовая, объемная и мольная теплоемкости и их взаимосвязь.
15.		Зависимость теплоемкости от характера процесса подвода тепла. Изохорная и изобарная теплоемкости идеального газа, взаимосвязь между ними. Уравнение Майера.
16.		Элементы молекулярно-кинетической и квантовой теории теплоемкости. Зависимость теплоемкости газа от температуры. Истинная и средняя теплоёмкости и их взаимосвязь.
17.		Энтропия, основные понятия и определения. Вычисление изменения энтропии идеального газа. Тепловая Ts-диаграмма и ее применение.
18.		Основные задачи исследования термодинамических процессов.

		Изопроцессы идеального газа.
19.		Политропный процесс как общая форма частных процессов. Уравнение политропы, теплоемкость процесса.
20.		Исследование политропных процессов. Связь численного значения показателя политропы с физической сущностью процесса.
21.		Термодинамическая обратимость процессов. Понятие об обратимых и необратимых процессах циклах.
22.		Второй закон термодинамики, его сущность и основные формулировки, их связь с принципом действия технических устройств.
23.		Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах и циклах.
24.		Математическое выражение второго закона термодинамики для обратимых необратимых процессов и циклов.
25.		Принцип роста энтропии в изолированной термодинамической системе. Максимальная работа и потеря полезной работы. Понятие об энергии теплоты и эксергетическом КПД.
26.		Статистическое толкование второго закона термодинамики. Критика теории Клаузиуса о неизбежности «Тепловой смерти Вселенной».
27.		Свойства реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа в pV -координатах. Критическая точка
28.	Циклы паросиловых, холодильных и компрессорных машин	Классификация компрессорных машин. Термодинамический анализ процесса сжатия газа в поршневом компрессоре. Адиабатное, изотермическое и политропное сжатие и их исследование в pV - и Ts -диаграммах.
29.		Диаграмма работы реального поршневого компрессора КПД наполнения и объемный КПД. Определение мощности привода компрессора Многоступенчатое сжатие.
30.		Рабочий процесс и теоретический цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания с подводом тепла при постоянном объеме. Термический КПД цикла и пути его повышения.
31.		Рабочий процесс и теоретический цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания с подводом тепла при постоянном давлении. Термический КПД цикла Сравнение эффективности, циклов ПДВС.
32.		Принципиальная схема и теоретический цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении. Термический КПД цикла и пути его повышения.
33.		Схема паротурбинной установки. Цикл Ренкина Термический КПД цикла и пути его повышения.
34.		Принципиальная схема и цикл парокомпрессорной холодильной установки. Холодильный коэффициент цикла и пути его повышения.
35.		Влажный воздух как смесь идеальных газов. Термодинамические характеристики. Id -диаграмма влажного воздуха – принципы построения, характерные особенности, определение параметров, расчет процессов нагрева и адиабатного охлаждения воздуха.
36.		Водяной пар и его значение в теплотехнике. Основные понятия и определения Исследование процесса парообразования в pV -диаграмме. pV -диаграмма водяного пара.
37.		Исследование процесса парообразования в Ts -диаграмме. Термодинамические свойства воды и водяного пара Критическая точка, ее параметры.
38.		Определение параметров кипящей жидкости и сухого насыщенного пара по расчетным формулам, таблицам и is -диаграмме.
39.		Определение параметров влажного пара по расчетным формулам и is -диаграмме.
40.		Определение параметров перегретого пара по расчетным формулам, таблицам и is -диаграмме.
41.		Принцип построения и характерные особенности is -диаграммы водяного пара. Определение параметров водяного пара и расчет паровых процессов с помощью is -диаграммы.
42.		Круговые процессы или циклы. Циклы прямые и обратные, обратимые и необратимые. Понятие о термическом КПД и холодильном коэффициенте.
43.		Прямой обратимый цикл Карно.
44.		Обратный обратимый цикл Карно.
45.		Уравнение первого закона термодинамики для газового потока
46.		Соотношение между изменением скорости потока и давления при адиабатном течении газа в каналах, Сопла и диффузоры, их назначение и принцип действия.
47.		Располагаемая работа при истечении газов и паров.
48.		Процесс дросселирования газов и паров, его физическая сущность и уравнение. Изменение параметров в процессе дросселирования.
49.		Дросселирование реальных газов. Эффект Джоуля-Гомсона

		Дросселирование водяного пара и его анализ is- диаграмме. Практическое использование процесса дросселирования.
50.	Теплообменные процессы	Общая характеристика основных видов теплообмена: теплопроводности, конвективного теплообмена, теплообмена излучением, сложного теплообмена.
51.		Теплопроводность, основные понятия и определения. Температурное поле, градиент температуры, тепловой поток, коэффициент теплопроводности. Закон Фурье.
52.		Дифференциальное уравнение теплопроводности. Характеристика условий однозначности. Коэффициент температуропроводности и его определение.
53.		Коэффициент теплопроводности строительных и теплоизоляционных материалов, зависимость от структуры, плотности и влажности. Коэффициент теплопроводности жидкостей и газов.
54.		Теплопроводность в многослойной плоской стенке - тепловой поток, тепловая проводимость, термическое сопротивление стенки.
55.		Теплопроводность в однослойной цилиндрической стенке - линейная плотность теплового потока, термическое сопротивление стенки.
56.		Теплопроводность в многослойной цилиндрической стенке - линейная плотность теплового потока, термическое сопротивление стенки.
57.		Конвективный теплообмен - физическая сущность, основные понятия и определения. Закон Ньютона - Рихмана. Коэффициент теплоотдачи, его определение, влияние теплофизических свойств среды и гидродинамической структуры потока.
58.		Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена. Условия однозначности - гипотеза о «прилипании» и связь температурного поля у стенки с теплоотдачей
59.		Основные принципы теории подобия. Условия подобия процессов конвективного теплообмена.
60.		Характеристика основных критериев подобия процессов конвективного теплообмена (чисел Прандтля, Рейнольдса, Грасгофа, Нуссельта), их физический смысл и применение в тепловых расчетах.
61.		Теплоотдача при вынужденном движении жидкости вдоль плоской поверхности. Тепловой и гидродинамический пограничный слой. Локальный и средний коэффициент теплоотдачи.
62.		Расчет теплоотдачи при ламинарном вынужденном движении жидкости и газов вдоль плоской поверхности.
63.		Расчет теплоотдачи при турбулентном вынужденном движении жидкости и газов вдоль плоской поверхности.
64.		Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубах. Ламинарный режим - гидродинамическая и тепловая стабилизация, локальный коэффициент теплоотдачи.
65.		Теплоотдача при стабилизированном течении жидкости в трубах, влияние гидродинамической структуры потока, расчет теплообмена.
66.		Теплоотдача при турбулентном течении жидкости в трубах: влияние гидродинамической структуры потока, расчет теплообмена.
67.		Теплоотдача при поперечном обтекании потоком одиночной трубы, явление отрыва пограничного слоя, локальный коэффициент теплоотдачи, расчет теплообмена.
68.		Теплоотдача при поперечном обтекании потоком пучков труб гидродинамическая структура потока расчет теплообмена.
69.		Теплоотдача при свободном движении жидкости вдоль поверхности горизонтальной трубы. Физический смысл критерия Грасгофа, расчет теплообмена.
70.		Теплоотдача при свободном движении жидкости вдоль вертикальной поверхности. Физический смысл критерия Грасгофа, изменение локального коэффициента теплоотдачи, расчет теплообмена.
71.		Теплообмен при кипении жидкости: пузырьковый и пленочный режимы кипения, физические закономерности процесса, расчет теплоотдачи.
72.		Теплообмен при конденсации пара, пленочная и капельная конденсация, расчет теплоотдачи.
73.		Теплопередача, основные понятия и определения. Коэффициент теплопередачи, сопротивление теплопередачи и их определение.
74.		Теплопередача через однослойную плоскую стенку, физическая сущность процесса, расчет коэффициента теплопередачи и сопротивления теплопередачи.
75.		Теплопередача через многослойную плоскую стенку, расчет коэффициента теплопередачи и сопротивления теплопередачи.

76.		Графоаналитический метод расчета температурного поля при теплопередаче через многослойную плоскую стенку.
77.		Теплопередача через однослойную цилиндрическую стенку, физическая сущность процесса, расчет линейного коэффициента теплопередачи и сопротивления теплопередачи.
78.		Теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку, физическая сущность процесса, расчет линейного коэффициента теплопередачи и сопротивления теплопередачи.
79.		Теплообмен излучением: физическая сущность процесса, интенсивность излучения, интегральное и монохроматическое излучение, поглощательная, отражательная и пропускательная способности.
80.		Виды лучистых потоков: собственное излучение, падающее, эффективное и результирующее излучения.
81.		Законы теплового излучения - закон Планка, закон Вина.
82.		Законы теплового излучения - закон Стефана - Больцмана. Коэффициент излучения абсолютно черного тела.
83.		Термодинамически равновесное излучение, закон Кирхгофа, понятие серого тела, степень черноты.
84.		Законы теплового излучения - закон Ламберта.
85.		Теплообмен излучением между неограниченными плоскопараллельными плоскостями. Приведенная степень черноты системы, расчет теплового потока.
86.		Теплообмен излучением между плоскопараллельными плоскостями при наличии защитных экранов. Расчет уменьшения интенсивности теплообмена.
87.		Теплообмен излучением между телом и окружающей его оболочкой. Приведенная степень черноты системы, расчет теплового потока.
88.		Теплообмен излучением между двумя произвольно расположенными в пространстве поверхностями. Приведенная степень черноты системы, угловой коэффициент облученности, расчет теплообмена.
89.		Особенности излучения газов и паров. Коэффициент поглощения, степень черноты газообразных сред, содержащих трехатомные газы.
90.		Лучистый теплообмен между газовым слоем и стенками газохода в поглощающей среде. Эффективная степень черноты системы, поглощательная способность газового слоя, расчет теплообмена.
91.		Сложный теплообмен. Определение конвективного, лучистого и эффективного коэффициентов теплоотдачи, расчет процесса радиационно-конвективного теплообмена.
92.		Теплообменные аппараты: классификация, схемы движения теплоносителей и их водяные эквиваленты, средний логарифмический температурный напор.
93.		Основы теплового расчета рекуперативных теплообменных аппаратов.
94.		Нестационарная теплопроводность. Аналитический расчет температурного поля бесконечной плоской пластины в безразмерной форме. Физическая сущность критериев Био и Фурье.
95.		Метод регулярного режима приближенного расчета процессов нестационарной теплопроводности. Темп нагревания (охлаждения) тела и его определение.
96.	Массообменные процессы	Основные понятия и определения: молекулярная диффузия, турбулентная диффузия, градиент концентрации, закон Фика, коэффициент диффузии.
97.		Характеристика основных массообменных процессов систем ТГВ
98.		Дифференциальное уравнение массообмена.
99.		Аналогия процессов переноса теплоты и массы.
100.		Тепломассообмен при фазовых превращениях.

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

Учебным планом КП/КР не предусмотрены.

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

1. В закрытом сосуде объемом V находится двуокись углерода при P_1 и t_1 . Газу сообщается количество теплоты, равное Q . Определить температуру и давление двуокиси углерода в конце процесса. Теплоемкость газа считать постоянной.

2. В трубках воздухоподогревателя парогенератора протекает воздух в количестве V_n (приведенный к нормальным условиям). Его температура на входе t_1 . Какова температура воздуха на выходе из воздухоподогревателя, если топочные газы сообщают воздуху количество теплоты Q ? Определить работу расширения воздуха, которую он совершает в течении 1 часа. Процесс подогрева воздуха считать изобарным, происходящим при $P=0.1$ МПа. Потерями теплоты в окружающую среду пренебречь.

3. Воздух в количестве V при температуре t и давлении P поступает в компрессор, где сжимается, а затем протекает между трубами холодильника, в которых движется охлаждаемая вода. Определить расход воды, если на выходе из компрессора воздух имеет параметры t_1 и P_1 . Температура воздуха за холодильником 40°C . Вода нагревается на 20°C .

4. В экранную трубу парового котла поступает M кг/ч воды при температуре насыщения. Найти плотность выходящей из трубы пароводяной смеси, если давление в котле P , а тепловосприятие трубы q ; изменением давления по высоте пренебречь.

5. Стальной цилиндрический резервуар диаметром D и длиной l заполнен сухим насыщенным паром с давлением P_1 . К резервуару подводится некоторое количество теплоты, в результате чего давление увеличивается до P_2 . Определить конечную температуру пара и количество подведенного тепла.

6. Начальное состояние влажного воздуха при атмосферном давлении задано параметрами t_0 и φ . Воздух охлаждается до температуры t . Определить сколько влаги выходит из каждого килограмма воздуха.

7. Идеальный поршневой компрессор сжимает $V_m^3/\text{ч}$ воздуха (в пересчете на НФУ) с температурой t_1 от P_1 до P_2 . Определить мощность, затрачиваемую на привод компрессора и температуру газа на выходе из компрессора, если сжатие происходит адиабатно.

8. Двухступенчатый поршневой компрессор сжимает воздух от давления $P_1=0.0981$ МПа до давления $P_2=5.88$ МПа. Сжатие политропное с показателем $n=1.25$. Начальная температура воздуха t_1 , производительность компрессора $V_m^3/\text{ч}$. Определить расход воды на охлаждение цилиндров и промежуточного холодильника, если ее температура возрастает от $t_{\text{вх}}$ до $t_{\text{вых}}$, а также мощность двигателя для привода компрессора, если $\eta_k=0.65$.

9. Паротурбинная установка работает по циклу Ренкина с начальными параметрами P_1 и t_1 . Давление в конденсаторе P_2 . Определить термический КПД цикла Ренкина и сравнить его с термическим КПД цикла Карно в том же интервале температур.

10. Определить, какой должна быть температура пара перед входом в турбину, если его давление при этом P_1 , давление в конденсаторе P_2 , а влажность пара на выходе из турбины не должна превышать u .

11. Определить суточную экономию топлива, получающуюся в результате замены турбинной установки, работающей при параметрах P_1 и t_1 , на установку с начальными параметрами P_1' и t_1' . Давление в конденсаторах

одинаковое - P_2 , мощность установки N .

12. Теплота сгорания топлива $Q_H^P = 30 \text{ МДж/кг}$, а КПД парогенераторов $\eta_x = 0.8$ в старой и 0.9 в новой установке. Потерями во всех остальных частях (кроме парогенератора) пренебречь.

13. Определить относительный внутренний КПД турбины, если внутренние потери вследствие необратимости процесса расширения пара в турбине Δh . Состояние пара перед турбиной P_1 и t_1 , давление в конденсаторе P_2 .

14. Стенка наружного ограждения помещения толщиной $\delta = 0,50 \text{ м}$ изготовлена из силикатного кирпича ($\lambda = 0,8 \text{ Вт/м.К}$). Температура воздуха в помещении $-t_{ж1}$, температура внутренней поверхности стенки $-tc1$. Определить температуру наружной поверхности стенки $tc2$ и потери теплоты за сутки через эту стенку площадью 100 м^2 . Коэффициент теплоотдачи от внутренней стороны стенки $\alpha_1 = 8 \text{ Вт/м}^2\text{К}$.

15. Стенка рабочей камеры печи площадью 10 м^2 состоит из двух слоев. Первый слой – из шамотного кирпича толщиной $\delta = 0,3 \text{ м}$, второй-той же толщины из диатомитового кирпича.

16. Определить потерю тепла за сутки, построить график изменения температуры по толщине стенки. Температура внутренней поверхности - $tc1$, температура наружной поверхности $-tc3$.

17. В нагревательной печи, где температура газов $t_{ж1}$, стенка площадью 50 м^2 сделана из трех слоев: диатомитового кирпича толщиной 70 мм , красного кирпича толщиной 250 мм и снаружи слоя изоляции толщиной $\delta_{из}$. Воздух в цехе имеет температуру $t_{ж2}$.

18. Коэффициент теплоотдачи в печи от газов к стенке $-\alpha_1$, снаружи от изоляции к воздуху $-\alpha_2$. Определить коэффициент теплопередачи и термические сопротивления теплопередачи от газов к воздуху, суточные потери теплоты, температуры на поверхности всех слоев.

19. Определить толщину слоя изоляции паропровода наружным диаметром d_2 , если при температуре его поверхности $tc2$ наружная поверхность изоляции имеет температуру $tc3 = 60^\circ\text{C}$. Теплопроводность изоляции λ_2 . Температура окружающего воздуха $t_{ж2} = 20^\circ\text{C}$. Коэффициент теплоотдачи от изоляции к воздуху $-\alpha_2$.

20. Вертикальный паропровод с наружным диаметром d_n и длиной ℓ охлаждается свободным потоком воздуха, температура которого $t_{ж}$. Температура поверхности трубы t_{cm} . Определить потери теплоты паропроводом. Во сколько раз изменится величина тепловых потерь, если паропровод будет покрыт слоем изоляции толщиной δ , чтобы температура поверхности была равна $t_{cm} = 60^\circ\text{C}$? Потери теплоты излучением не учитывать.

21. Определить коэффициент теплопередачи от внутренней поверхности трубы конденсатора паротурбинной установки к охлаждающей воде, количество передаваемой теплоты и длину трубки, если средняя по длине температура стенки t_{cm} , внутренний диаметр трубки 16 мм , температура воды на входе $t_{ж1}$, а на выходе $t_{ж2}$, средняя скорость воды v .

22. Нагрев воды производится в теплообменнике, который изготовлен из труб с наружным диаметром $d = 30 \text{ мм}$, расположенных в шахматном порядке с поперечным и продольными шагами $S_1 = S_2 = 2,5d$. Число труб в ряду m , число рядов n . Трубы располагаются поперек потока. Температура воздуха, поступающего в подогреватель, $t_{ж1}$, а на выходе из подогревателя $-t_{ж2}$.

Средняя температура наружной поверхности труб - t_{cm} . Скорость воздуха в узком сечении трубного пучка 10 м/с. Какой длины должны быть трубы, чтобы тепловой поток, передаваемый воде, протекающей внутри труб, был равен 400 кВт?

23. Насыщенный водяной пар при давлении P конденсируется на вертикальной трубе высотой h . Разность температур пара и поверхности трубы равна Δt . Рассчитать и построить график изменения локального коэффициента теплоотдачи и толщины слоя конденсата по длине трубы. Чему равно среднее значение коэффициента теплоотдачи?

24. На поверхности горизонтальной трубы диаметром d и длиной ℓ трубчатого теплообменника конденсируется сухой насыщенный пар при давлении P . Температура поверхности трубки - t_c . Определить среднее значение коэффициента теплоотдачи от пара к трубе и количество образовавшегося в течение часа конденсата.

25. Определить среднее значение коэффициента теплоотдачи от сухого насыщенного водяного пара к поверхности вертикальной трубы диаметром d и длиной ℓ , если давление пара P , а температура стенки t_c . Определить также количество образовавшегося в течение часа конденсата.

26. Какую температуру стенки t_c необходимо обеспечить, чтобы при пленочной конденсации сухого насыщенного пара на поверхности горизонтальной трубы диаметром d и длиной ℓ конденсировалось $G=7 \cdot 10^8$ кг/с пара? Давление пара P . Определить также значение коэффициента теплоотдачи.

27. Определить величину коэффициента теплоотдачи от поверхности кипятильника и величину теплового потока при пузырьковом режиме кипения воды при атмосферном давлении, если температура поверхности кипятильника t_c . Диаметр кипятильника d , длина ℓ .

28. Определить количество водяного пара, которое испаряется из варочного котла в течение часа, если площадь поверхности нагрева котла равна F , а температура стенки котла t_c . Котел работает при атмосферном давлении. 27. Определить коэффициент теплоотдачи и плотность теплового потока, отводимого конвективным путем от поверхности горизонтальной трубы диаметром D в пленочном режиме кипения воды при атмосферном давлении, если температура поверхности трубы t_c .

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

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

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знает терминологию, основные законы и методы теплофизики. Умеет решать прикладные задачи в области обеспечения пожарной безопасности, охраны окружающей среды и экологической безопасности, используя теорию и методы теплофизики Владеет навыками решения прикладных задач используя теорию и методы теплофизики	Знание терминов, определений, понятий
	Знание 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 показателям оценивания результата обучения по дисциплине

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Знает терминологию, основные законы и методы теплофизики.	Не знает терминологию, основные законы и методы теплофизики.	Знает терминологию, основные законы и методы теплофизики.

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Умеет решать прикладные задачи в области обеспечения пожарной безопасности, охраны окружающей среды и экологической безопасности, используя теорию и методы теплофизики	Не умеет решать прикладные задачи в области обеспечения пожарной безопасности, охраны окружающей среды и экологической безопасности, используя	Умеет решать прикладные задачи в области обеспечения пожарной безопасности, охраны окружающей среды и экологической безопасности, используя

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Владеет навыками решения прикладных задач используя теорию и методы теплофизики	Не владеет навыками решения прикладных задач используя теорию и методы теплофизики	В полной мере владеет навыком решения прикладных задач используя теорию и методы теплофизики

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 аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (аудитория: УК1 019, УК2 422)	Аудитория оснащена меловой доской, специализированной мебелью, стационарным видеопроектором и экраном, стендами по оказанию первой медицинской помощи.
2.	Учебная аудитория для самостоятельной работы (аудитория УК1 019)	Аудитория оснащена меловой доской, специализированной мебелью, стационарным видеопроектором и экраном, стендами по оказанию первой медицинской помощи. Самостоятельная работа студентов обеспечивается научной, учебной, учебно-методической литературой..
3.	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель, компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.
4.	Методический кабинет УК1 019	Специализированная мебель, стационарный видеопроектор и экран, компьютеры стенды.
5.	Лаборатория теплотехники и отопления Гк 314	<ul style="list-style-type: none"> - установка для определения изохорной теплоемкости воздуха при атмосферном давлении, - установка для определения действительного расхода воздуха при истечении через суживающее сопло, - установка для исследования процесса сжатия в поршневом компрессоре, - установка для определения коэффициента теплоотдачи горизонтальной трубы при свободной конвекции. - стенд для исследования холодильных циклов на примере теплонасосной установки, - стенд для определения коэффициента теплопередачи отопительного прибора, - стенд для исследования лучистого теплообмена; - стенд для испытания конвекционной и конвекционно-радиационной отдачи радиатора.

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»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 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

1. Ильина Т.Н., Семенов 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. Семенов, В.М. Киреев– Белгород: Изд-во БГТУ, 2011-144 с.
3. Логинов В. С. Примеры и задачи по тепломассообмену: Учебное пособие/Изд-во АСВ/2011
4. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) /Учебник/АВОК Северо-Запад/2006
5. . Луканин В.Н. Теплотехника: учебник/Учебник/М. :Высш. шк/2003/ Техническая термодинамика и теплотехника/Учебное пособие/М. : Академия/2006
6. Прибытков, И. А. Теоретические основы теплотехники/Учебник/М. : АСАДЕМА/2004
7. Ильина Т.Н. Теплофизика: учеб. пособие – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014-117 с.
8. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий.
9. СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.
10. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. – М.: Высшая школа, 1980.
11. Малявина Е.Г. Строительная теплофизика: Учебное пособие // М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ – 2013 <http://www.iprbookshop.ru/19265>
12. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники: Учебное пособие // СПб: Лань – 2014 <http://e.lanbook.com/view/book/39146>
13. Ильина Т. Н., Семенов А. С., Киреев В. М. Тепло- и массообменные процессы. Примеры расчетов: Учебное пособие // Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова – 2011 <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040918163673699300008318>
14. Ильина Т.Н., Семенов А.С. Основы гидравлики и теплотехники: Учебное пособие // Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова - 2013/<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2014081216452558400000655941>
15. Семенов А. С., Алифанова А. И. Теплотехника: Конспект лекций // Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова - 2013 <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040918145734077100009388>

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

1. <http://www.consultant.ru> – официальный сайт СПС «Консультант Плюс».
2. Электронно-библиотечная система <http://ntb.bstu.ru>
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE» – <http://www.biblioclub.ru>
4. Электронно-библиотечная система IPRbooks. – <http://www.iprbookshop.ru>
5. Электронно-библиотечная система «Лань». – <https://e.lanbook.com>
6. Электронно-библиотечная система «Znaniy.com». – <https://znaniy.com>

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями

Протокол № _____ заседания кафедры от «__» _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО