

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**

Техническая термодинамика. Тепломассообмен

направление подготовки:

08.03.01 «Строительство»

Направленность программы:

Теплогазоснабжение и вентиляция

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная


Институт: инженерно-строительный

Кафедра: теплогазоснабжение и вентиляции

Белгород – 2021

Программа государственной итоговой аттестации составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом №481 от 31 мая 2017 г.
- учебного плана БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2021 году.

Составитель (составители): к.т.н., доцент  (А.С. Семиненко)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Теплогазоснабжение и вентиляция


«14» 05 2021 г., протокол № 12

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



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
ПК	ПК-7 Способность организовывать работы по техническому обслуживанию и ремонту систем теплогазоснабжения, вентиляции	ПК-7.7 Осуществляет инструментальный контроль температурных и гидравлических режимов работы системы теплоснабжения (газоснабжения, вентиляции)	Знает терминологию и основы технической термодинамики и теплообмена систем теплоснабжения, газоснабжения, вентиляции Имеет навыки инструментального контроля температурных и гидравлических режимов работы систем теплоснабжения, газоснабжения, вентиляции

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-7

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Техническая термодинамика. Теплообмен
2	Аэрогидродинамика и нагнетатели инженерных систем
3	Отопление. Теплоснабжение
4	Вентиляция. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение
5	Эксплуатация и наладка систем теплогазоснабжения и вентиляции
6	Оборудование и энергосберегающие технологии систем обеспечения микроклимата
7	Основы проектирования и конструирования обеспыливающих систем
8	Тепловоздушный режим зданий
9	Системы теплогазоснабжения предприятий
10	Основы проектирования магистральных газопроводов
11	Производственная технологическая практика
12	
13	
14	

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач. единиц, 108 часов.

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

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 5
Общая трудоемкость дисциплины, час	108	108
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	53	53
лекции	17	17
лабораторные	17	17
практические	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	2	2
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	55	55
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	9	9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	46	46
Зачет	-	-

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 3 Семестр 5

№ 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	8	20
2. Теплообменные процессы					
	Теплообмен в энергетике и строительстве, значение теплообмена в технологических процессах. Виды теплообмена. Теплообменные аппараты, основы теплового расчета.	6	6	6	16
3. Массообменные процессы					
	Основные понятия и определения. Уравнение массообмена. Совместное действие и аналогия процессов переноса теплоты и массы. Тепломассообмен при фазовых превращениях. Расчет тепло- и массообменных аппаратов.	3	3	3	10
	ВСЕГО	17	17	17	46

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № <u>4</u>				
1	Термодинамические основы работы систем теплогазоснабжения и вентиляции	Термодинамические основы тепломассообменных процессов в системах инженерного оборудования	8	8
2	Теплообменные процессы	Теплообменные процессы	6	6
3	Массообменные процессы	Массообменные процессы	3	3
ИТОГО:			17	17

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № <u>4</u>				
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 «Техническая термодинамика. Тепломассообмен»:

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. Потери 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-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата*

(код и формулировка компетенции)

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-1.1 Выявление и классификация физических и химических процессов, протекающих на объекте профессиональной деятельности	зачет, защита ИДЗ, защита лабораторной работы, тестовый контроль, собеседование, устный опрос
ОПК-1.2 Определение характеристик физического процесса (явления), характерного для объектов профессиональной деятельности, на основе теоретического (экспериментального) исследования	зачет, защита ИДЗ, защита лабораторной работы, тестовый контроль, собеседование, устный опрос
ОПК-1.3 Представление базовых для профессиональной сферы физических процессов и явлений в виде математического(их) уравнения(й)	зачет, защита ИДЗ, защита лабораторной работы, тестовый контроль, собеседование, устный опрос
ОПК-1.4 Выбор базовых физических и химических законов для решения задач профессиональной деятельности	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 теплоемкости 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.		Определение скорости и массового расхода при истечении газов и паров из суживающегося сопла. Критическое отношение давлений и критическая скорость.
49.		Истечение идеального газа Сопла Лаваля.
50.		Расчет истечения водяного пара из сопла Лаваля с использованием is-диаграммы Анализ адиабатного истечения водяного пара с учетом необратимости. Скоростной коэффициент.
51.		Процесс дросселирования газов и паров, его физическая сущность и уравнение. Изменение параметров в процессе дросселирования.
52.		Дросселирование реальных газов. Эффект Джоуля-Томсона Дросселирование водяного пара и его анализ is- диаграмме. Практическое использование процесса дросселирования.
53.	Теплообменные процессы	Общая характеристика основных видов теплообмена: теплопроводности, конвективного теплообмена, теплообмена излучением, сложного теплообмена.
54.		Теплопроводность, основные понятия и определения. Температурное поле, градиент температуры, тепловой поток, коэффициент теплопроводности. Закон Фурье.
55.		Дифференциальное уравнение теплопроводности. Характеристика условий однозначности. Коэффициент теплопроводности и его определение.
56.		Коэффициент теплопроводности строительных и теплоизоляционных материалов, зависимость от структуры, плотности и влажности. Коэффициент теплопроводности жидкостей и газов.
57.		Теплопроводность в многослойной плоской стенке - тепловой поток, тепловая проводимость, термическое сопротивление стенки.

58.		Теплопроводность в однослойной цилиндрической стенке - линейная плотность теплового потока, термическое сопротивление стенки.
59.		Теплопроводность в многослойной цилиндрической стенке - линейная плотность теплового потока, термическое сопротивление стенки.
60.		Конвективный теплообмен - физическая сущность, основные понятия и определения. Закон Ньютона - Рихмана. Коэффициент теплоотдачи, его определение, влияние теплофизических свойств среды и гидродинамической структуры потока.
61.		Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена. Условия однозначности - гипотеза о «прилипании» и связь температурного поля у стенки с теплоотдачей
62.		Основные принципы теории подобия. Условия подобия процессов конвективного теплообмена.
63.		Характеристика основных критериев подобия процессов конвективного теплообмена (чисел Прандтля, Рейнольдса, Грасгофа, Нуссельта), их физический смысл и применение в тепловых расчетах.
64.		Теплоотдача при вынужденном движении жидкости вдоль плоской поверхности. Тепловой и гидродинамический пограничный слой. Локальный и средний коэффициент теплоотдачи.
65.		Расчет теплоотдачи при ламинарном вынужденном движении жидкости и газов вдоль плоской поверхности.
66.		Расчет теплоотдачи при турбулентном вынужденном движении жидкости и газов вдоль плоской поверхности.
67.		Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубах. Ламинарный режим - гидродинамическая и тепловая стабилизация, локальный коэффициент теплоотдачи.
68.		Теплоотдача при стабилизированном течении жидкости в трубах, влияние гидродинамической структуры потока, расчет теплообмена.
69.		Теплоотдача при турбулентном течении жидкости в трубах: влияние гидродинамической структуры потока, расчет теплообмена.
70.		Теплоотдача при поперечном обтекании потоком одиночной трубы, явление отрыва пограничного слоя, локальный коэффициент теплоотдачи, расчет теплообмена.
71.		Теплоотдача при поперечном обтекании потоком пучков труб гидродинамическая структура потока расчет теплообмена.
72.		Теплоотдача при свободном движении жидкости вдоль поверхности горизонтальной трубы. Физический смысл критерия Грасгофа, расчет теплообмена.
73.		Теплоотдача при свободном движении жидкости вдоль вертикальной поверхности. Физический смысл критерия Грасгофа, изменение локального коэффициента теплоотдачи, расчет теплообмена.
74.		Теплообмен при кипении жидкости: пузырьковый и пленочный режимы кипения, физические закономерности процесса, расчет теплоотдачи.
75.		Теплообмен при конденсации пара, пленочная и капельная конденсация, расчет теплоотдачи.
76.		Теплопередача, основные понятия и определения. Коэффициент теплопередачи, сопротивление теплопередачи и их определение.
77.		Теплопередача через однослойную плоскую стенку, физическая сущность процесса, расчет коэффициента теплопередачи и сопротивления теплопередачи.
78.		Теплопередача через многослойную плоскую стенку, расчет коэффициента теплопередачи и сопротивления теплопередачи.
79.		Графоаналитический метод расчета температурного поля при теплопередаче через многослойную плоскую стенку.
80.		Теплопередача через однослойную цилиндрическую стенку, физическая сущность процесса, расчет линейного коэффициента теплопередачи и сопротивления теплопередачи.
81.		Теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку, физическая сущность процесса, расчет линейного коэффициента теплопередачи и сопротивления теплопередачи.
82.		Теплообмен излучением: физическая сущность процесса, интенсивность излучения, интегральное и монохроматическое излучение, поглощательная, отражательная и пропускательная способности.
83.		Виды лучистых потоков: собственное излучение, падающее, эффективное и результирующее излучения.
84.		Законы теплового излучения - закон Планка, закон Вина.
85.		Законы теплового излучения - закон Стефана - Больцмана.

		Коэффициент излучения абсолютно черного тела.
86.		Термодинамически равновесное излучение, закон Кирхгофа, понятие серого тела, степень черноты.
87.		Законы теплового излучения - закон Ламберта.
88.		Теплообмен излучением между неограниченными плоскопараллельными плоскостями. Приведенная степень черноты системы, расчет теплового потока.
89.		Теплообмен излучением между плоскопараллельными плоскостями при наличии защитных экранов. Расчет уменьшения интенсивности теплообмена.
90.		Теплообмен излучением между телом и окружающей его оболочкой. Приведенная степень черноты системы, расчет теплового потока.
91.		Теплообмен излучением между двумя произвольно расположенными в пространстве поверхностями. Приведенная степень черноты системы, угловой коэффициент облученности, расчет теплообмена.
92.		Особенности излучения газов и паров. Коэффициент поглощения, степень черноты газообразных сред, содержащих трехатомные газы.
93.		Лучистый теплообмен между газовым слоем и стенками газохода в поглощающей среде. Эффективная степень черноты системы, поглощательная способность газового слоя, расчет теплообмена.
94.		Сложный теплообмен. Определение конвективного, лучистого и эффективного коэффициентов теплоотдачи, расчет процесса радиационно-конвективного теплообмена.
95.		Теплообменные аппараты: классификация, схемы движения теплоносителей и их водяные эквиваленты, средний логарифмический температурный напор.
96.		Основы теплового расчета рекуперативных теплообменных аппаратов.
97.		Нестационарная теплопроводность. Аналитический расчет температурного поля бесконечной плоской пластины в безразмерной форме. Физическая сущность критериев Био и Фурье.
98.		Метод регулярного режима приближенного расчета процессов нестационарной теплопроводности. Темп нагревания (охлаждения) тела и его определение.
99.	Массообменные процессы	Основные понятия и определения: молекулярная диффузия, турбулентная диффузия, градиент концентрации, закон Фика, коэффициент диффузии.
100.		Характеристика основных массообменных процессов систем ТГВ
101.		Дифференциальное уравнение массообмена.
102.		Аналогия процессов переноса теплоты и массы.
103.		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 и основы технической термодинамики и тепломассообмена систем теплоснабжения и вентиляции. Имеет навыки Выявление и классификация физических и химических процессов, протекающих в системах теплоснабжения и вентиляции	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
Знает характеристики физического процесса (явления), характерного для систем теплогазоснабжения и вентиляции Имеет навыки определения характеристик физического процесса (явления), характерного для объектов систем теплогазоснабжения и вентиляции, на основе теоретического (экспериментального) исследования	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
Знает базовые для систем теплогазоснабжения и вентиляции физические процессы и явлений в виде математических уравнений Имеет навыки представление базовых для профессиональной сферы физических процессов и явлений в виде математических уравнений	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
Знает базовых физические и химические законы для решения задач систем теплогазоснабжения и вентиляции Имеет навыки выбора базовых физических и химических законов для решения задач систем теплогазоснабжения и вентиляции	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

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	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, может самостоятельно их получить и использовать
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует 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
	Лаборатория теплотехники и отопления	<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.
	Помещение для самостоятельной подготовки	

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа

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. Лапшев Н. Н. Леонтьева Ю. Н. Основы гидравлики и теплотехники: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования – М. Издательский центр «Академия», 2012. – 400 с.
4. Логинов В. С. Примеры и задачи по тепломассообмену: Учебное пособие/Изд-во АСВ/2011
5. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) /Учебник/АВОК Северо-Запад/2006
6. . Луканин В.Н. Теплотехника: учебник/Учебник/М. :Высш. шк/2003/ Техническая термодинамика и теплотехника/Учебное пособие/М. : Академия/2006
7. Прибытков, И. А. Теоретические основы теплотехники/Учебник/М. : АСАДЕМА/2004
8. Ильина Т.Н. Теплофизика: учеб. пособие – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014-117 с.
9. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий.
10. СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.
11. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. – М.: Высшая школа, 1980.
12. Малявина Е.Г. Строительная теплофизика: Учебное пособие // М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ – 2013 <http://www.iprbookshop.ru/19265>
13. Маркин В.К. Техническая термодинамика. Тепломассообмен: Методическое пособие/Астрахань: Астраханский инженерно-строительный институт, ЭБС АСВ – 2009 <http://www.iprbookshop.ru/17063>
14. 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>
15. Ильина Т. Н., Семиненко 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>
16. Ильина Т.Н., Семиненко А.С. Основы гидравлики и теплотехники: Учебное пособие // Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова - 2013/<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2014081216452558400000655941>
17. Семиненко 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