



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

УТВЕРЖДАЮ
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Техническая термодинамика

направление подготовки/специальность 08.03.01 Строительство

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Инженерные системы
жизнеобеспечения в строительстве

Форма обучения очно-заочная

Санкт-Петербург, 2023

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цели освоения дисциплины: формирование у студентов понимания физической сущности термодинамических процессов, протекающих в природе и технологических установках; и освоение обучающимися теоретических, экспериментальных и расчетных методов, используемых при изучении этих процессов.

Задачи дисциплины: изучение основных положений и законов технической термодинамики; овладение современными инженерными методами расчета термодинамических процессов, протекающих в аппаратах и технологических установках.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата	ОПК-1.1 Выявляет и классифицирует физические и химические процессы, протекающие на объекте профессиональной деятельности	знает методы выявления и классификации физических и химических процессов, протекающих на объектах профессиональной деятельности умеет выявлять и классифицировать физические и химические процессы, протекающих на объектах профессиональной деятельности владеет навыками выявления и классификации физических и химических процессов, протекающих на объектах профессиональной деятельности
ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата	ОПК-1.2 Определяет характеристики физического процесса (явления), характерного для объектов профессиональной деятельности, на основе теоретического (экспериментального) исследования	знает характеристики физического процесса (явления), характерного для объектов профессиональной деятельности, на основе теоретического (экспериментального) исследования умеет определять характеристики физического процесса (явления), характерного для объектов профессиональной деятельности, на основе теоретического (экспериментального) исследования владеет навыками определения характеристик физического процесса (явления), характерного для объектов профессиональной деятельности, на основе теоретического (экспериментального) исследования

ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата	ОПК-1.4 Представляет базовые для профессиональной сферы физические и химические процессы и явления в виде математического(их) уравнения(й)	знает базовые для профессиональной сферы физические процессы и явления в виде математических уравнений умеет представлять базовые для профессиональной сферы физические процессы и явления в виде математических уравнений владеет навыками представления базовых для профессиональной сферы физических процессов и явлений в виде математических уравнений
ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата	ОПК-1.5 Выбирает базовые физические и химические законы для решения задач профессиональной деятельности	знает базовые физические и химические законы для решения задач профессиональной деятельности умеет выбирать базовые физические и химические законы для решения задач профессиональной деятельности владеет навыками выбора базовых физических и химических законов для решения задач профессиональной деятельности

3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.О.20 основной профессиональной образовательной программы 08.03.01 Строительство и относится к обязательной части учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Высшая математика	ОПК-1.6, ОПК-1.7, ОПК-1.8, УК-2.1, УК-2.3, УК-2.4
2	Физика	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.11, УК-1.1
3	Механика жидкости и газа	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.7, ОПК-3.2

Механика жидкости и газа:
закон Бернулли.
стационарное движение жидкостей и газов

Высшая математика:
дифференциальные и интегральные исчисления

Физика:
молекулярная физика и физические основы термодинамики

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Вентиляция	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-3.4, ПК-3.5, ПК-3.6
2	Газоснабжение	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-3.4, ПК-3.5, ПК-3.6

3	Теплогенерирующие установки	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-3.4, ПК-3.5, ПК-3.6
4	Теплоснабжение	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-3.4, ПК-3.5, ПК-3.6
5	Кондиционирование воздуха	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-3.4, ПК-3.5, ПК-3.6

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр
			5
Контактная работа	32		32
Лекционные занятия (Лек)	16	0	16
Лабораторные занятия (Лаб)	4	0	4
Практические занятия (Пр)	12	0	12
Иная контактная работа, в том числе:	1,5		1,5
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)	1		1
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))	0,25		0,25
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача	0,25		0,25
Часы на контроль	26,75		26,75
Самостоятельная работа (СР)	83,75		83,75
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)			
часы:	144		144
зачетные единицы:	4		4

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по разделам (темам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1. Тематический план дисциплины (модуля)

№	Разделы дисциплины	Семестр	Контактная работа (по учебным занятиям), час.						СР	Всего, час.	Код индикатора достижения компетенции
			лекции		ПЗ		ЛР				
			всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку			
1.	1 раздел. Основные понятия и законы термодинамики										
1.1.	Основные понятия и определения термодинамики	5			1			4	5	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5	
1.2.	Основные термодинамические функции. Законы термодинамики	5			1			2	3	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5	

7.1.	Термодинамические циклы	5	2		1				5	8	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5
8.	8 раздел. Циклы паросиловых установок										
8.1.	Циклы паросиловых установок	5	2		3				15,7 5	20,75	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5
9.	9 раздел. Обратные циклы тепловых машин										
9.1.	Обратные циклы тепловых машин	5	4		1				4	9	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5
10.	10 раздел. Элементы химической термодинамики										
10.1	Элементы химической термодинамики	5	2		1				13	16	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5
11.	11 раздел. Иная контактная работа										
11.1.	Курсовая работа	5								1,25	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5
12.	12 раздел. Контроль										
12.1	Экзамен	5								27	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5

5.1. Лекции

№ разд	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
6	Водяной пар. Параметры состояния водяного пара. Исследование процессов парообразования с помощью p - v -, T - s - и h - s -диаграмм	Водяной пар. Параметры состояния водяного пара. Исследование процессов парообразования с помощью p - v -, T - s - и h - s -диаграмм Свойства водяного пара. Параметры состояния водяного пара. Теплота парообразования. Исследование процессов парообразования с помощью p - v -, T - s - и h - s -диаграмм. Перегретый водяной пар.
7	Характеристики влажного воздуха	Характеристики влажного воздуха Абсолютная и относительная влажность воздуха. Влагосодержание воздуха. Энтальпия влажного воздуха.
8	h - d -диаграмма для влажного воздуха и её построение. Процессы изменения состояния	h - d -диаграмма для влажного воздуха и её построение. Процессы изменения состояния влажного воздуха h - d -диаграмма для влажного воздуха и её построение. Процессы изменения состояния влажного воздуха

	влажного воздуха	
9	Параметры газа в потоке и при его торможении. Уравнение первого закона термодинамики для газового потока	Параметры газа в потоке и при его торможении. Уравнение первого закона термодинамики для газового потока Параметры газа в потоке и при его торможении. Уравнение первого закона термодинамики для газового потока.
10	Сопла и диффузоры. Дросселирование паров и газов	Сопла и диффузоры. Дросселирование паров и газов Скорость и массовый расход газа. Скорость звука. Критические параметры газового потока. Форма каналов сопел и диффузоров. Истечение газа через суживающееся сопло. Истечение газа через сопло Лаваля. Истечение газа с учетом трения. Истечение водяного пара. Дросселирование паров и газов.
11	Общие положения. Одноступенчатый поршневой компрессор	Общие положения. Одноступенчатый поршневой компрессор Общие положения. Сжатие газов. Виды компрессоров. Одноступенчатый поршневой компрессор.
13	Термодинамические циклы	Термодинамические циклы Понятие о круговом процессе (цикле). Прямые и обратимые циклы. Цикл Карно. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Циклы газотурбинных двигателей. Цикл Стирлинга.
14	Циклы паросиловых установок	Циклы паросиловых установок Цикл Карно. Цикл Ренкина. Регенеративный цикл. Теплофикационный цикл.
15	Обратные циклы тепловых машин	Обратные циклы тепловых машин Основные характеристики холодильного цикла. Воздушная холодильная установка. Паровая компрессорная холодильная установка. Абсорбционные холодильные установки. Цикл теплового насоса.
16	Элементы химической термодинамики	Элементы химической термодинамики Первый закон термодинамики и химические процессы. Второй закон термодинамики в применении к химическим процессам.

5.2. Практические занятия

№ разд	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
1	Основные понятия и определения термодинамики	Основные понятия и определения термодинамики Параметры и уравнения состояния. Смеси идеальных газов. Теплоёмкость идеальных газов и их смесей.
2	Основные термодинамические	Основные термодинамические функции. Законы термодинамики Понятие о термодинамическом процессе. Основные

	функции. Законы термодинамики	термодинамические функции. Основные законы термодинамики.
3	Термодинамические процессы с идеальным газом	Термодинамические процессы с идеальным газом Изотермический процесс. Изохорный процесс. Изобарный процесс. Адиабатный процесс. Политропный процесс. Показатель политропы. Теплоёмкость идеального газа при политропном процессе.
6	Водяной пар. Параметры состояния водяного пара. Исследование процессов парообразования с помощью p - v -, T - s - и h - s -диаграмм	Водяной пар. Параметры состояния водяного пара. Исследование процессов парообразования с помощью p - v -, T - s - и h - s -диаграмм Свойства водяного пара. Параметры состояния водяного пара. Теплота парообразования. Исследование процессов парообразования с помощью p - v -, T - s - и h - s -диаграмм. Перегретый водяной пар.
8	h - d -диаграмма для влажного воздуха и её построение. Процессы изменения состояния влажного воздуха	h - d -диаграмма для влажного воздуха и её построение. Процессы изменения состояния влажного воздуха h - d -диаграмма для влажного воздуха и её построение. Процессы изменения состояния влажного воздуха
11	Общие положения. Одноступенчатый поршневой компрессор	Общие положения. Одноступенчатый поршневой компрессор Общие положения. Сжатие газов. Виды компрессоров. Одноступенчатый поршневой компрессор.
13	Термодинамические циклы	Термодинамические циклы Цикл Карно. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Циклы газотурбинных двигателей. Цикл Стирлинга.
14	Циклы паросиловых установок	Циклы паросиловых установок Цикл Карно. Цикл Ренкина. Регенеративный цикл. Теплофикационный цикл.
15	Обратные циклы тепловых машин	Обратные циклы тепловых машин Основные характеристики холодильного цикла. Воздушная холодильная установка. Паровая компрессорная холодильная установка. Абсорбционные холодильные установки. Цикл теплового насоса.
16	Элементы химической термодинамики	Элементы химической термодинамики Первый закон термодинамики и химические процессы. Второй закон термодинамики в применении к химическим процессам.

5.3. Лабораторные работы

№ разд	Наименование раздела и темы лабораторных работ	Наименование и содержание лабораторных работ
7	Характеристики влажного воздуха	Определение параметров влажного воздуха Выполнение виртуальной лабораторной работы "Определение

		параметров влажного воздуха".
9	Параметры газа в потоке и при его торможении. Уравнение первого закона термодинамики для газового потока	Первый закон термодинамики в применении к решению одной из технических задач Исследование первого закона термодинамики для газового потока.
10	Сопла и диффузоры. Дросселирование паров и газов	Исследование процесса истечения из суживающегося сопла Виртуальная лабораторная работа "Исследование процесса истечения из суживающегося сопла".

5.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Основные понятия и определения термодинамики	Основные понятия и определения термодинамики Изучение теоретического материала. Подготовка к практическому заданию. Тестирование.
2	Основные термодинамические функции. Законы термодинамики	Основные термодинамические функции. Законы термодинамики Повторение материала лекций. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
3	Термодинамические процессы с идеальным газом	Термодинамические процессы с идеальным газом Изучение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
4	Необратимые термодинамические процессы	Необратимые термодинамические процессы Изучение теоретического материала. Тестирование.
5	Свойства реальных газов	Свойства реальных газов Изучение теоретического материала. Тестирование.
6	Водяной пар. Параметры состояния водяного пара. Исследование процессов парообразования с помощью p - v -, T - s - и h - s -диаграмм	Водяной пар. Параметры состояния водяного пара. Исследование процессов парообразования с помощью p - v -, T - s - и h - s -диаграмм Повторение теоретического материала. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
7	Характеристики влажного воздуха	Характеристики влажного воздуха Подготовка к лабораторной работе. Тестирование.
8	h - d -диаграмма для влажного воздуха и её построение. Процессы изменения состояния влажного воздуха	h - d -диаграмма для влажного воздуха и её построение. Процессы изменения состояния влажного воздуха Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
9	Параметры газа в потоке и при его торможении. Уравнение первого закона термодинамики	Параметры газа в потоке и при его торможении. Уравнение первого закона термодинамики для газового потока Подготовка к лабораторной работе. Тестирование.

	для газового потока	
10	Сопла и диффузоры. Дросселирование паров и газов	Сопла и диффузоры. Дросселирование паров и газов Подготовка к лабораторной работе. Тестирование.
11	Общие положения. Одноступенчатый поршневой компрессор	Общие положения. Одноступенчатый поршневой компрессор Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
12	Многоступенчатый поршневой компрессор	Многоступенчатый поршневой компрессор Изучение теоретического материала. Тестирование.
13	Термодинамические циклы	Термодинамические циклы Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
14	Циклы паросиловых установок	Циклы паросиловых установок Подготовка к практическим занятиям. Выполнение курсовой работы. Тестирование.
15	Обратные циклы тепловых машин	Обратные циклы тепловых машин Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
16	Элементы химической термодинамики	Элементы химической термодинамики Подготовка к практическому занятию. Тестирование.

6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, практических и лабораторных занятий, предполагающих закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к практическим и лабораторным занятиям;
- подготовка к текущему контролю успеваемости студентов;
- выполнение курсовой работы;
- подготовка к экзамену.

Залогом успешного освоения этой дисциплины является обязательное посещение лекционных, практических и лабораторных занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На практических занятиях материал, изложенный на лекциях, закрепляется в рамках выполнения практических заданий, решения тестов, реализации индивидуальных заданий и других форм, предусмотренных РПД.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием РПД для студентов очной обучения, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к практическим и лабораторным занятиям.

При подготовке к практическим занятиям и в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники;
- выполнить практические задания в рамках изучаемой темы;
- ответить на контрольные вопросы по теме, используя материалы ФОС, либо групповые индивидуальные задания, подготовленные преподавателем;
- подготовиться к проверочной работе, предусмотренной в контрольных точках;
- подготовиться к промежуточной аттестации.

Итогом изучения дисциплины является экзамен. Экзамен проводится по расписанию сессии. Форма проведения экзамена – тестирование в moodle (теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся). Студенты, не прошедшие аттестацию по графику сессии, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Основные понятия и определения термодинамики	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5	Теоретические вопросы для промежуточной аттестации. Практические задания для промежуточной аттестации. Тесты.
2	Основные термодинамические функции. Законы термодинамики	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5	Теоретические вопросы для

			промежуточной аттестации. Практические задания для промежуточной аттестации. Тесты.
3	Термодинамические процессы с идеальным газом	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5	Теоретические вопросы для промежуточной аттестации. Практические задания для промежуточной аттестации. Тесты.
4	Необратимые термодинамические процессы	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5	Теоретические вопросы для промежуточной аттестации. Практические задания для промежуточной аттестации. Тесты.
5	Свойства реальных газов	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5	Теоретические вопросы для промежуточной аттестации. Практические задания для промежуточной аттестации. Тесты.
6	Водяной пар. Параметры состояния водяного пара. Исследование процессов парообразования с помощью p - v -, T - s - и h - s -диаграмм	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5	Теоретические вопросы для промежуточной аттестации. Практические задания для промежуточной аттестации. Тесты.
7	Характеристики влажного воздуха	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5	Теоретические вопросы для промежуточной аттестации. Практические задания для промежуточной аттестации. Тесты.
8	h - d -диаграмма для влажного воздуха и её построение. Процессы изменения состояния влажного воздуха	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5	Теоретические вопросы для промежуточной аттестации. Практические задания для промежуточной аттестации. Тесты.
9	Параметры газа в потоке и при его торможении. Уравнение первого закона	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5	Теоретические вопросы для

	термодинамики для газового потока		промежуточной аттестации. Практические задания для промежуточной аттестации. Тесты.
10	Сопла и диффузоры. Дросселирование паров и газов	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5	Теоретические вопросы для промежуточной аттестации. Практические задания для промежуточной аттестации. Тесты.
11	Общие положения. Одноступенчатый поршневой компрессор	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5	Теоретические вопросы для промежуточной аттестации. Практические задания для промежуточной аттестации. Тесты.
12	Многоступенчатый поршневой компрессор	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5	Теоретические вопросы для промежуточной аттестации. Практические задания для промежуточной аттестации. Тесты.
13	Термодинамические циклы	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5	Теоретические вопросы для промежуточной аттестации. Практические задания для промежуточной аттестации. Тесты.
14	Циклы паросиловых установок	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5	Теоретические вопросы для промежуточной аттестации. Практические задания для промежуточной аттестации. Тесты.
15	Обратные циклы тепловых машин	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5	Теоретические вопросы для промежуточной аттестации. Практические задания для промежуточной аттестации. Тесты.
16	Элементы химической термодинамики	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5	Теоретические вопросы для

			промежуточной аттестации. Практические задания для промежуточной аттестации. Тесты.
17	Курсовая работа	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5	Вопросы к защите курсовой работы.
18	Экзамен	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5	Теоретические вопросы для промежуточной аттестации. Практические задания для промежуточной аттестации. Тесты.

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Тестовые задания

(для проверки сформированности индикаторов достижения компетенции (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5))

Тестовые задания размещены по адресу: ЭИОС / СДО СПбГАСУ Moodle / Курсы / Кафедры / Теплогазоснабжения и вентиляции / Бакалавриат / Техническая термодинамика (<https://moodle.spbgasu.ru/course/index.php?categoryid=511>)

Комплект задач

(для проверки сформированности индикаторов достижения компетенции (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5))

Комплект задач размещены по адресу: ЭИОС / СДО СПбГАСУ Moodle / Курсы / Кафедры / Теплогазоснабжения и вентиляции / Бакалавриат / Техническая термодинамика (<https://moodle.spbgasu.ru/course/index.php?categoryid=511>)

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания: - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы; - точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; - полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин</p> <p>навыки: - высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации; - применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий; - грамотно обосновывает ход решения задач; - безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач; - творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий</p>
<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку; - использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы; - владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач</p> <p>навыки: - самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий; - средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий; - обосновывает ход решения задач без затруднений</p>

<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p>
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине; умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p>

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Примерные теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Раздел 1. Основные понятия и законы термодинамики

1. Термодинамическая система. Классификация термодинамических систем.
2. Состояние термодинамической системы, параметры и функции состояния.
3. Единицы измерения термодинамических величин.
4. Напишите уравнение состояния идеального газа. Поясните физический смысл газовой постоянной. Как определяют ее значение для газов?
5. Основные газовые законы: закон Бойля-Мариотта, закон Шарля, закон Гей-Люссака.
6. Смеси идеальных газов. Основные законы для смеси идеальных газов.
7. Смеси идеальных газов. Парциальное давление и парциальный объём.
8. Массовая, объёмная и мольная доля смеси идеальных газов.
9. Молекулярная масса и газовая постоянная смеси идеальных газов.
10. Какова связь между массовой, мольной и объёмной теплоемкостями газа? Что такое истинная и средняя теплоемкости?
11. Теплоёмкость смеси идеальных газов.
12. Дайте определение внутренней энергии реального и идеального газа. Как найти

изменение внутренней энергии идеального газа?

13. Покажите, как определяется работа в обратимых термодинамических процессах аналитически и графически на pV -диаграмме.

14. Приведите формулировку первого закона термодинамики. Напишите аналитическое выражение этого закона для основных термодинамических процессов.

15. Что такое энтальпия газа?

16. Что называется энтропией рабочего тела?

17. В чем состоит содержание второго закона термодинамики? Приведите основные формулировки этого закона (достаточно двух).

18. Третий закон термодинамики и следствия из него.

Раздел 2. Термодинамические процессы

19. Изохорный процесс. Ответ проиллюстрируйте графиками процесса в pV - и Ts -диаграммах.

20. Изобарный процесс. Ответ проиллюстрируйте графиками процесса в pV - и Ts -диаграммах.

21. Изотермический процесс. Ответ проиллюстрируйте графиками процесса в pV - и Ts -диаграммах.

22. Адиабатный процесс. Ответ проиллюстрируйте графиками процесса в pV - и Ts -диаграммах.

23. Политропный процесс. Ответ проиллюстрируйте графиками процесса в pV - и Ts -диаграммах.

Раздел 3. Водяной пар

24. Свойства реальных газов.

25. Водяной пар: основные понятия и определения.

26. Параметры состояния водяного пара.

27. Опишите процесс парообразования в pV -диаграмме.

28. Исследование процессов парообразования с помощью Ts - и hs -диаграмм.

29. Процессы изменения состояния водяного пара.

Раздел 4. Влажный воздух

30. Что называется влажным воздухом? Дайте определение влагосодержания, относительной влажности воздуха и температуры точки росы.

31. Опишите hd -диаграмму влажного воздуха. Каковы простейшие случаи ее применения?

32. Процессы изменения состояния влажного воздуха.

Раздел 5. Термодинамика газовых потоков

33. Уравнение первого закона термодинамики для газового потока.

34. Дайте определение процесса истечения газов и паров. По каким формулам рассчитывается скорость рабочего тела при адиабатном истечении?

35. Дайте определение процесса истечения газов и паров. По каким формулам рассчитывается работа рабочего тела при адиабатном истечении?

36. Дайте определение процесса истечения газов и паров. По каким формулам рассчитывается массовый расход рабочего тела при адиабатном истечении?

37. Критические параметры газового потока.

38. Истечение газов через сужающееся сопло и сопло Лавала.

39. Истечение газов с учётом трения.

40. Истечение водяного пара.

41. В чем сущность процесса дросселирования, и как практически осуществляется этот процесс? Как условно изображается процесс дросселирования в hs -диаграмме?

42. Изобразите процесс адиабатного расширения и (условно) адиабатного дросселирования пара в hs -диаграмме.

Раздел 6. Компрессоры

43. Компрессоры. Индикаторная диаграмма.

44. Теоретическая работа компрессора.
45. Одноступенчатый компрессор.
46. Многоступенчатый компрессор.
47. Изобразите в pV - и Ts -диаграммах термодинамические процессы, протекающие в компрессорах. Почему изотермический процесс сжатия газа в процессах является энергетически более выгодным, чем политропный, при $n > 1$?

Раздел 7. Термодинамические циклы

48. Изобразите в pV - и Ts -координатах идеальный прямой цикл Карно. Дайте необходимые пояснения. Определите КПД этого цикла.
49. Изобразите в pV - и Ts -координатах идеальный цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания с изохорным подводом теплоты. Дайте необходимые пояснения. Определите КПД этого цикла.
50. Изобразите в pV - и Ts -координатах идеальный цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания с изобарным подводом теплоты. Дайте необходимые пояснения. Определите КПД этого цикла.
51. Изобразите в pV - и Ts -координатах идеальный цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания со смешанным подводом теплоты. Дайте необходимые пояснения. Определите КПД этого цикла.
52. От каких величин зависит термический КПД теоретического цикла газотурбинной установки с подводом теплоты при постоянном давлении? Изобразите этот цикл в pV - и Ts -диаграммах.
53. От каких величин зависит термический КПД теоретического цикла газотурбинной установки с подводом теплоты при постоянном объёме? Изобразите этот цикл в pV - и Ts -диаграммах.

Раздел 8. Циклы паросиловых установок

54. Цикл Карно паросиловой установки. Изобразите этот цикл в pV - и Ts -диаграммах.
55. Цикл Ренкина паросиловой установки. Изобразите этот цикл в pV - и Ts -диаграммах.
56. Каково влияние начальных и конечных параметров пара на термический КПД основного цикла паросиловых установок (цикла Ренкина)? Ответ иллюстрируйте в hs -диаграмме.
57. Пути повышения экономичности цикла Ренкина.
58. Регенеративный цикл. Изобразите этот цикл в Ts - и hs -диаграммах.
59. Теплофикационный цикл. Изобразите этот цикл в Ts -диаграмме.

Раздел 9. Обратные циклы тепловых машин

60. Цикл воздушной холодильной установки.
61. Цикл парокомпрессорной холодильной установки.
62. Адсорбционные и парожеткорные холодильные установки.
63. Тепловые насосы.

Раздел 10. Элементы химической термодинамики

64. Термодинамическое равновесие в однородных системах.
65. Термодинамическое равновесие в сложных системах. Общие определения.
66. Давление над криволинейной поверхностью жидкости.
67. Фазовые переходы.
68. Равновесие системы жидкость-пар. Общие положения.
69. Равновесие системы жидкость-пар. Двухкомпонентные смеси.
70. Равновесие системы жидкость-пар. Многокомпонентные смеси.
71. Химические реакции. Тепловые эффекты.
72. Химическое равновесие.

7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся размещены по адресу: ЭИОС / СДО СПбГАСУ Moodle / Курсы / Кафедры / Теплогазоснабжения и вентиляции / Бакалавриат / Техническая термодинамика (<https://moodle.spbgasu.ru/course/index.php>)

categoryid=511)

7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Расчет паросиловой установки

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.2.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена. Экзамен проводится в форме компьютерного тестирования в СДО moodle. В экзаменационный тест включены теоретические вопросы и практические задания, соответствующие содержанию формируемых компетенций. Продолжительность экзаменационного тестирования 90 минут.

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

Критерии оценивания	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы	Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.	Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.	Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка

<p>знания</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</p>
<p>умения</p>	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок Ответил на все дополнительные вопросы.</p>

владение навыками	Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.	Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.	Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.	Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.
-------------------	--	---	---	--

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<u>Основная литература</u>		
1	Кудинов В. А., Карташов Э. М., Стефанюк Е. В., Техническая термодинамика и теплопередача, Москва: Юрайт, 2023	https://urait.ru/bcode/510604
2	Мирам А.О., Павленко В.А., ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА. ТЕПЛОМАССОБМЕН, Москва: АСВ, 2017	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938418.html
3	Круглов Г. А., Булгакова Р. И., Круглова Е. С., Теплотехника, Санкт-Петербург: Лань, 2022	https://e.lanbook.com/book/263066
<u>Дополнительная литература</u>		
1	Васьков Е. Т., Северинец Г. Н., Теплотехника, СПб., 2010	http://ntb.spbgasu.ru/elib/00184/
2	Шатров М. Г., Иванов И. Е., Пришвин С. А., Матюхин Л. М., Дунин А. Ю., Ерещенко В. Е., Шатров М. Г., Теплотехника, М.: Академия, 2011	20

1	Васьков Е. Т., Техническая термодинамика, СПб., 2012	http://ntb.spbgasu.ru/elib/00367/
---	--	---

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Техническая термодинамика	https://moodle.spbgasu.ru/course/index.php?categoryid=511

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Виртуальные лабораторные работы по Теплотехнике	Компьютерный класс СПбГАСУ (ауд. 425)
Библиотека по Естественным наукам Российской Академии наук (РАН)	www.ras.ru
Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	www.spbgasu.ru
Российская государственная библиотека	www.rsl.ru
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
Электронно-библиотечная система издательства "Консультант студента"	https://www.studentlibrary.ru/
Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart"	http://www.iprbookshop.ru/
Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ"	https://www.biblio-online.ru/
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	https://e.lanbook.com/
Электронная библиотека Ирбис 64	http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	https://moodle.spbgasu.ru/

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
LibreOffice	Свободно распространяемое

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения
25. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.

25. Учебная лаборатория Теплогазоснабжения и вентиляции:
2-я Красноармейская ул. Ауд: 137, 341, 427

Наклонный микроанометр ММН-2400(5)-1.0;
Наклонный микроанометр ММН;
Компенсационный микроанометр «Аскания»;
Кататермометр; Глобтермометр; Психрометр
«Ассмана»; Барометр; Секундомер;
Пневмометрическая трубка; Лабораторный стенд
«Аэродинамические испытания канальных
вентиляторов RS 125 L»; Координатник;
Дыммашина – VF-1; Тахометр – ТЧ10-Р;
Анемометр цифровой; Радиальный вентилятор ЭВ
3,15; Лабораторный стенд «Испытание
нагревательных приборов»; Насос «Wilо»; Бак для
воды; Вентиль D 15; Балансировочный клапан
MSV-C D15; Пьезометр; Вентилятор радиальный
ВЦ 4-70; Водяной счетчик СГ-15; Термометр
цифровой; Мерная ирисовая диафрагма IRIS 160;
Стенд «Пункты редуцирования газа», «Устройство
регулятора давления газа»; Стенд «Детали
проточного водонагревателя»; Стенд
«Внутридомовое газовое оборудование»; Стенд
«Внутридомовое газовое оборудование»,
«Устройство бытовых теплогенераторов»; Стенд
«Внутридомовое газовое оборудование»,
«Устройство проточных водонагревателей»; Стенд
«Внутридомовое газовое оборудование»,
«Устройство газовых плит»;
Стенд «Внутридомовое газовое оборудование»,
«Устройство внутреннего газопровода», Учет
расхода газа», «Система контроля загазованности в
помещении»; Стенд «Излучающие горелки»;
Стенды «Устройство газовых счетчиков»,
«Устройство излучающей газовой горелки»,
«Горелки бытовых газовых плит»; Стенд
«Изоляция стальных газопроводов»
Стенд «Конденсационный газовый котел Rendamax
R30»; Стенд «Элементы и детали полиэтиленовых
газопроводов»
Макет ШБГУ; Горелка ЕМ-3Е; ШРДГ -10; ВПГ-9;
Анализатор газа АХТП; Мембранный газовый
счетчик U-образные манометры; Поплавковый
ротаметр РС-5; Бытовой счетчик газа;
Лабораторный стенд «Автономная
автоматизированная система отопления» ЭЛБ-
160.015.01; Лабораторный стенд
«Автоматизированная котельная на жидком и
газообразном топливе» ЭЛБ- 160.014.01;
Лабораторный стенд «Приборы учета тепловой
энергии и теплоносителя» АО «Взлёт»
Тепловизор testo 890; Тепловизор testo 865;
Многофункциональный измерительный прибор
testo 435-4
Компактный термоанемометр testo 425;
Термогигрометр для долгосрочной работы testo
625; Инфракрасный термометр testo 830-T1 с
лазерным целеуказателем (оптика 10:1);
Компактный анемометр с крыльчаткой, testo 416;

	Тахометр testo 470; Карманный анемометр с крыльчаткой и сенсором влажности, testo 410-2; Дифференциальный манометр testo 512, от 0 до 2 гПа; Газоанализатор testo 310 с принтером; Влагомер древесины и строительных материалов testo 616; Манометр дифференциальный цифровой ДМЦ-01М
25. Помещения для самостоятельной работы	Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ.
25. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.