



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

УТВЕРЖДАЮ

Начальник учебно-методического управления

С.В. Михайлов

« 29 » июня 2021 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Термодинамика и теплопередача

направление подготовки/специальность 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Подъемно-транспортные,  
строительные, дорожные средства и оборудование

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2021

### 1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

формирование у студентов понимания физической сущности теплотехнических процессов, протекающих в природе и технологических установках; и освоение обучающимися теоретических и расчетных методов, используемых при изучении этих процессов

изучение основных теоретических положений термодинамики и теплопередачи; овладение современными инженерными методами расчета теплотехнических процессов, аппаратов и установок

### 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 ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в сфере своей профессиональной деятельности и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных, математических и технологических моделей;	ОПК-1.2 Определяет основные характеристики физического процесса (явления), характерного для объекта профессиональной деятельности, на основе теоретического (экспериментального) исследования	<b>знает</b> основные характеристики теплотехнического процесса (явления), характерного для объекта профессиональной деятельности, на основе теоретического (экспериментального) исследования <b>умеет</b> определять основные характеристики теплотехнического процесса (явления), характерного для объекта профессиональной деятельности, на основе теоретического (экспериментального) исследования <b>владеет навыками</b> способностью определять основные характеристики теплотехнического процесса (явления), характерного для объекта профессиональной деятельности, на основе теоретического (экспериментального) исследования
ОПК-1 Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в сфере своей профессиональной деятельности и новых междисциплинарных направлений с использованием естественнонаучных, математических и технологических моделей;	ОПК-1.4 Представляет физический (химический) процесс (явление), протекающий на объекте профессиональной деятельности, в виде уравнения(й)	<b>знает</b> уравнения теплотехнических процессов (явлений), протекающих на объекте профессиональной деятельности <b>умеет</b> представлять теплотехнические процессы (явления), протекающих на объекте профессиональной деятельности, в виде уравнений <b>владеет навыками</b> способностью представлять теплотехнические процессы (явления), протекающих на объекте профессиональной деятельности, в виде уравнений

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

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.О.26 основной профессиональной образовательной программы 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства и относится к обязательной части учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Высшая математика	УК-1.5, УК-1.6
2	Физика	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, УК-1.1, УК-1.2, УК-2.4

Высшая математика:  
дифференциальные уравнения;  
интегралы.  
Физика:  
молекулярная физика и основы термодинамики;  
законы теплового излучения.

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Моделирование рабочих процессов	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.4
2	Конструкторская практика	ПК-1.5, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-3.3, ПК-4.2, ПК-4.4, ПК-4.5
3	Основы изобретательского творчества	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.5, ОПК-4.2
4	Энергетические установки подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования	УК-1.4, УК-2.5, ОПК-1.2, ОПК-3.1
5	Обеспечение эффективности подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования в эксплуатации	ПК-1.5, ПК-1.6

**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
<b>Контактная работа</b>	32		32
Лекционные занятия (Лек)	16	0	16
Практические занятия (Пр)	16	0	16
<b>Иная контактная работа, в том числе:</b>			
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)			
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))			
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача экзамена)			
<b>Часы на контроль</b>	4		4
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	36		36
<b>Общая трудоемкость дисциплины (модуля)</b>			
<b>часы:</b>	72		72
<b>зачетные единицы:</b>	2		2

**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 законы термодинамики	5	2		2			8	12	ОПК-1.2, ОПК-1.4	
2.	2 раздел. Термодинамические процессы										
2.1.	Термодинамические процессы	5	2		2			4	8	ОПК-1.2, ОПК-1.4	
3.	3 раздел. Термодинамика газовых потоков										
3.1.	Термодинамика газовых потоков	5	4		2			6	12	ОПК-1.2, ОПК-1.4	
4.	4 раздел. Термодинамические циклы										
4.1.	Термодинамические циклы	5	2		4			6	12	ОПК-1.2, ОПК-1.4	
5.	5 раздел. Основные процессы теплообмена										
5.1.	Теплопроводность	5	2		2			4	8	ОПК-1.2, ОПК-1.4	
5.2.	Конвективный теплообмен	5	2		2			4	8	ОПК-1.2, ОПК-1.4	
5.3.	Тепловое излучение	5	2		2			4	8	ОПК-1.2, ОПК-1.4	
6.	6 раздел. Контроль										
6.1.	Зачет	5							4	ОПК-1.2, ОПК-1.4	

#### 5.1. Лекции

№ п/п	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Основные понятия и законы термодинамики	Основные понятия и законы термодинамики Термодинамическая система и рабочее тело. Параметры и уравнения состояния. Смеси идеальных газов. Теплоёмкость идеальных газов и их смесей. Понятие о термодинамическом процессе. Основные термодинамические функции. Основные законы (начала) термодинамики.
2	Термодинамические процессы	Термодинамические процессы Термодинамические процессы с идеальным газом. Термодинамические процессы с водяным паром. Термодинамические процессы с влажным воздухом.

3	Термодинамика газовых потоков	Термодинамика газовых потоков Параметры газа в потоке и при его торможении. Уравнение первого закона термодинамики для газового потока. Сопла и диффузоры. Дросселирование газов и паров.
4	Термодинамические циклы	Термодинамические циклы Понятие о круговом процессе (цикле). Прямые и обратные циклы. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Циклы газотурбинных двигателей (ГТД). Циклы паросиловых установок. Обратные циклы тепловых машин. Компрессоры.
5	Теплопроводность	Теплопроводность Виды теплообмена. Закон Фурье. Теплопроводность. Теплопередача.
6	Конвективный теплообмен	Конвективный теплообмен Закон Ньютона-Рихмана. Вынужденная конвекция. Свободная конвекция.
7	Тепловое излучение	Тепловое излучение Законы теплового излучения.

## 5.2. Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
1	Основные понятия и законы термодинамики	Основные понятия и законы термодинамики Термодинамическая система и рабочее тело. Параметры и уравнения состояния. Смеси идеальных газов. Теплоёмкость идеальных газов и их смесей. Понятие о термодинамическом процессе. Основные термодинамические функции. Основные законы (начала) термодинамики.
2	Термодинамические процессы	Термодинамические процессы Термодинамические процессы с идеальным газом. Термодинамические процессы с водяным паром. Термодинамические процессы с влажным воздухом.
3	Термодинамика газовых потоков	Термодинамика газовых потоков Параметры газа в потоке и при его торможении. Уравнение первого закона термодинамики для газового потока. Сопла и диффузоры. Дросселирование газов и паров.
4	Термодинамические циклы	Термодинамические циклы Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Циклы газотурбинных двигателей (ГТД). Циклы паросиловых установок. Обратные циклы тепловых машин. Компрессоры.
5	Теплопроводность	Теплопроводность Закон Фурье. Теплопроводность. Теплопередача.

6	Конвективный теплообмен	Конвективный теплообмен. Закон Ньютона-Рихмана. Вынужденная конвекция. Свободная конвекция.
7	Тепловое излучение	Тепловое излучение Законы теплового излучения.

### 5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Основные понятия и законы термодинамики	Основные понятия и законы термодинамики Повторение материала лекций. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
2	Термодинамические процессы	Термодинамические процессы Повторение материала лекций. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
3	Термодинамика газовых потоков	Термодинамика газовых потоков Повторение материала лекций. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
4	Термодинамические циклы	Термодинамические циклы Повторение материала лекций. Подготовка к практическим занятиям. Тестирование.
5	Теплопроводность	Теплопроводность Повторение материала лекций. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
6	Конвективный теплообмен	Конвективный теплообмен Повторение материала лекций. Подготовка к практическому занятию. Тестирование.
7	Тепловое излучение	Тепловое излучение Повторение материала лекций. 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, а также практических 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 занятиям;
- подготовка к текущему контролю успеваемости студентов;
- подготовка к зачету.

Залогом успешного освоения этой дисциплины является обязательное посещение лекционных и практических 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, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к практическим 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 зачет. Зачет проводится по расписанию на последнем практическом занятии. Форма проведения зачета – компьютерное тестирование в moodle. Студенты, не прошедшие аттестацию по графику, 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 законы термодинамики	ОПК-1.2, ОПК-1.4	Теоретические вопросы к промежуточной аттестации. Практические задания к промежуточной аттестации. Тесты.
2	Термодинамические процессы	ОПК-1.2, ОПК-1.4	Теоретические вопросы к промежуточной аттестации.

			Практические задания к промежуточной аттестации. Тесты.
3	Термодинамика газовых потоков	ОПК-1.2, ОПК-1.4	Теоретические вопросы к промежуточной аттестации. Практические задания к промежуточной аттестации. Тесты.
4	Термодинамические циклы	ОПК-1.2, ОПК-1.4	Теоретические вопросы к промежуточной аттестации. Практические задания к промежуточной аттестации. Тесты.
5	Теплопроводность	ОПК-1.2, ОПК-1.4	Теоретические вопросы к промежуточной аттестации. Практические задания к промежуточной аттестации. Тесты.
6	Конвективный теплообмен	ОПК-1.2, ОПК-1.4	Теоретические вопросы к промежуточной аттестации. Практические задания к промежуточной аттестации. Тесты.
7	Тепловое излучение	ОПК-1.2, ОПК-1.4	Теоретические вопросы к промежуточной аттестации. Практические задания к промежуточной аттестации. Тесты.
8	Зачет	ОПК-1.2, ОПК-1.4	Теоретические вопросы к промежуточной аттестации. Практические задания к 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-1.2, ОПК-1.4)

Тестовые задания размещены по адресу: ЭИОС Moodle (<https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=1904> // кафедра ТГВ /дисциплина Термодинамика и теплопередача)

Комплект задач

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

Комплект задач размещены по адресу: ЭИОС Moodle (<https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=1904> // кафедра ТГВ /дисциплина Термодинамика и теплопередача)

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

Оценка «отлично» (зачтено)	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) умения: - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин 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>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</p> <p>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</p> <p>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;</p> <p>умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок</p> <p>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

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

1. Изохорный процесс. Ответ проиллюстрируйте графиками процесса в  $pV$ - и  $Ts$ -диаграммах.
2. Изобарный процесс. Ответ проиллюстрируйте графиками процесса в  $pV$ - и  $Ts$ -диаграммах.
3. Изотермический процесс. Ответ проиллюстрируйте графиками процесса в  $pV$ - и  $Ts$ -диаграммах.
4. Адиабатный процесс. Ответ проиллюстрируйте графиками процесса в  $pV$ - и  $Ts$ -диаграммах.
5. Политропный процесс. Ответ проиллюстрируйте графиками процесса в  $pV$ - и  $Ts$ -диаграммах.
6. Свойства реальных газов.
7. Водяной пар: основные понятия и определения.
8. Параметры состояния водяного пара.
9. Опишите процесс парообразования в  $pV$ -диаграмме.
10. Исследование процессов парообразования с помощью  $Ts$ - и  $hs$ -диаграмм.
11. Процессы изменения состояния водяного пара.
12. Что называется влажным воздухом? Дайте определение влагосодержания, относительной влажности воздуха и температуры точки росы.
13. Опишите  $hd$ -диаграмму влажного воздуха. Каковы простейшие случаи ее применения?
14. Процессы изменения состояния влажного воздуха.

##### Раздел 3. Термодинамика газовых потоков

1. Уравнение первого закона термодинамики для газового потока.
2. Дайте определение процесса истечения газов и паров. По каким формулам рассчитывается скорость рабочего тела при адиабатном истечении?
3. Дайте определение процесса истечения газов и паров. По каким формулам рассчитывается работа рабочего тела при адиабатном истечении?

4. Дайте определение процесса истечения газов и паров. По каким формулам рассчитывается массовый расход рабочего тела при адиабатном истечении?
5. Критические параметры газового потока.
6. Истечение газов через сужающееся сопло и сопло Лаваля.
7. Истечение газов с учётом трения.
8. Истечение водяного пара.
9. В чем сущность процесса дросселирования, и как практически осуществляется этот процесс? Как условно изображается процесс дросселирования в  $hs$ -диаграмме?
10. Изобразите процесс адиабатного расширения и (условно) адиабатного дросселирования на  $p$ - $v$  в  $hs$ -диаграмме.

#### Раздел 4. Термодинамические циклы

1. Изобразите в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$ -координатах идеальный прямой цикл Карно. Дайте необходимые пояснения. Определите КПД этого цикла.
2. Изобразите в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$ -координатах идеальный цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания с изохорным подводом теплоты. Дайте необходимые пояснения. Определите КПД этого цикла.
3. Изобразите в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$ -координатах идеальный цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания с изобарным подводом теплоты. Дайте необходимые пояснения. Определите КПД этого цикла.
4. Изобразите в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$ -координатах идеальный цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания со смешанным подводом теплоты. Дайте необходимые пояснения. Определите КПД этого цикла.
5. От каких величин зависит термический КПД теоретического цикла газотурбинной установки с подводом теплоты при постоянном давлении? Изобразите этот цикл в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$ - диаграммах.
6. От каких величин зависит термический КПД теоретического цикла газотурбинной установки с подводом теплоты при постоянном объёме? Изобразите этот цикл в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$ - диаграммах.
7. Цикл Карно паросиловой установки. Изобразите этот цикл в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$ -диаграммах.
8. Цикл Ренкина паросиловой установки. Изобразите этот цикл в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$ -диаграммах.
9. Каково влияние начальных и конечных параметров пара на термический КПД основного цикла паросиловых установок (цикла Ренкина)? Ответ иллюстрируйте в  $hs$ -диаграмме.
10. Пути повышения экономичности цикла Ренкина.
11. Регенеративный цикл. Изобразите этот цикл в  $T$ - $s$  и  $hs$ -диаграммах.
12. Теплофикационный цикл. Изобразите этот цикл в  $T$ - $s$ -диаграмме.
13. Цикл воздушной холодильной установки.
14. Цикл парокompрессорной холодильной установки.
15. Адсорбционные и пароразделительные холодильные установки.
16. Тепловые насосы.
17. Компрессоры. Индикаторная диаграмма.
18. Теоретическая работа компрессора.
19. Одноступенчатый компрессор.
20. Многоступенчатый компрессор.
21. Изобразите в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$ -диаграммах термодинамические процессы, протекающие в компрессорах. Почему изотермический процесс сжатия газа в процессах является энергетически более выгодным, чем политропный, при  $n > 1$ ?

#### Раздел 5. Основные процессы теплообмена

1. В чем заключается явление теплопереноса?
2. Что такое температурное поле и градиент температуры?
3. Что означает явление теплопроводности?
4. Как формулируется закон Фурье?
5. Каков физический смысл коэффициента теплопроводности?
6. Что такое коэффициент температуропроводности?
7. Как записывается дифференциальное уравнение теплопроводности?

8. Какие условия называются начальными и граничными условиями I, II, III и IV рода?
9. Как зависит коэффициент теплопроводности от температуры для газов и жидкостей?
10. Как зависит коэффициент теплопроводности от температуры для проводников и диэлектриков?
11. Какой вид имеет дифференциальное уравнение теплопроводности в однослойной плоской стенке?
12. Как определяется эквивалентный коэффициент теплопроводности?
14. Как определить плотность теплового потока через многослойную стенку?
15. В чем заключается явление конвективного теплообмена?
16. От чего зависит коэффициент конвективного теплообмена?
17. Как записывается закон Ньютона для расчета теплового потока при конвективном теплообмене?
18. Какие уравнения определяют процесс конвективного теплообмена?
19. Каковы особенности свободной и вынужденной конвекции?
20. Как влияет режим течения на интенсивность процесса теплообмена конвекцией?
21. Какие методы используются для определения коэффициента теплоотдачи конвекцией?
22. Какие безразмерные критерии применяются при исследованиях процессов конвективного теплообмена?
23. Как записывается критерий Нуссельта?
24. Как записывается и что характеризует критерий Рейнольдса?
25. Как записывается и что характеризует критерий Грасгофа?
26. От каких характеристик зависит число Прандтля для газов?
27. Как влияет температура жидкости на число Прандтля?
28. Как формулируются условия подобия физических процессов?
29. В чем заключается метод размерностей?
30. Как записывается обобщенное критериальное уравнение конвективного теплообмена?
31. Что используют в качестве определяющего размера при рассмотрении процесса теплоотдачи поверхностями различной конфигурации?
32. По какой температуре выбираются параметры набегающего потока?
33. В чем заключается двойственный характер теплообмена излучением?
34. Что называется абсолютно черным телом?
35. Что считается моделью абсолютно черного тела?
36. Что называется потоком спектрального излучения?
37. Что называется поверхностной плотностью потока интегрального излучения?
38. Что называется интенсивностью (яркостью) излучения?
39. Что называется изотропным излучением?
40. Что называется диффузным излучением?
41. Как записывается спектральный коэффициент поглощения для серых тел?
42. Как формулируются основные законы излучения абсолютно черного тела: Планка, Стефана–Больцмана, Кирхгофа, Вина, Ламберта, Рэлея–Джинса?
43. Какие методы применяются при расчете теплообмена излучением?
44. Какие особенности теплообмена излучением в газах?
45. Как записывается закон Бугера?
46. Что называется оптической толщиной среды?
47. Как называются основные виды сложного теплообмена?
48. Какой принцип используется при решении практических задач сложного теплообмена?
49. В чем заключается метод расчета теплообмена излучением и теплопроводностью, когда тепловые потоки не зависят друг от друга?
50. В чем заключается метод расчета теплообмена излучением и теплопроводностью, когда тепловые потоки взаимодействуют?
51. Какие численные методы решения уравнений сложного теплообмена вам известны?
52. В чем заключается метод расчета теплообмена излучением и конвекцией, когда тепловые потоки не зависят друг от друга?
53. Что такое коэффициент теплопередачи?
54. Как определить термическое сопротивление?
55. Как найти линейную плотность теплового потока через цилиндрическую стенку?

56. Как определить плотность теплового потока через многослойную цилиндрическую стенку?  
 57. Что такое критический диаметр цилиндрической стенки?  
 58. Как определить приведенный коэффициент теплоотдачи ребренной стенки?

#### 7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся размещены по адресу ЭИОС Moodle (<https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=1904> // кафедра ТГВ /дисциплина Термодинамика и теплопередача)

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

Курсовые работы (проекты) учебным планом не предусмотрены.

#### 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. 7.2.

Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

Зачет проводится в форме компьютерного тестирования в moodle.

#### 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

знания	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-существенные пробелы в знаниях учебного материала;</li> <li>-допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий;</li> <li>-непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-знания теоретического материала;</li> <li>-неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов;</li> <li>-неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала;</li> <li>- знания теоретического материала</li> <li>-способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития;</li> <li>-правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала;</li> <li>-полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий;</li> <li>-способность устанавливать и объяснять связь практики и теории,</li> <li>-логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</li> </ul>
умения	<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
<b><u>Основная литература</u></b>		
1	Кудинов В. А., Карташов Э. М., Стефанюк Е. В., Техническая термодинамика и теплопередача, Москва: Юрайт, 2020	<a href="https://urait.ru/bcode/449806">https://urait.ru/bcode/449806</a>
2	Александров А. А., Архаров А. М., Архаров И. А., Афанасьев В. Н., Бондаренко В. Л., Борисов Б. П., Демихов К. Е., Жердев А. А., Иващенко Н. А., Исаев С. И., Кожин И. А., Козлов Н. П., Красников В. В., Круглов М. Г., Крутов В. И., Кудрявцев В. М., Кузнецов А. Г., Кутепов А. М., Леонтьев А. И., Леончик Б. И., Манушин Э. А., Никулин Н. К., Осипов М. И., Павлихин Г. П., Павлова И. Б., Петражицкий Г. Б., Пластинин П. И., Пылаев А. М., Савинов М. Ю., Солонин В. И., Суровцев И. Г., Хвесюк В. И., Шатров В. И., Шишов В. В., Шевич Ю. А., Шумилов И. С., Теплотехника, Москва: МГТУ им. Баумана, 2017	ЭБС
<b><u>Дополнительная литература</u></b>		



1	Кудинов В.А., Теплотехника: Учеб. пособие, Москва: Абрис, 2012	ЭБС
1	Епифанов В. С., Степанов А. М., Техническая термодинамика и теплопередача, Москва: Московская государственная академия водного транспорта, 2013	ЭБС
2	Епифанов В. С., Степанов А. М., Техническая термодинамика и теплопередача, Москва: Московская государственная академия водного транспорта, 2013	ЭБС

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
Термодинамика и теплопередача	moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=1904

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Образовательные интернет-ресурсы СПбГАСУ	<a href="https://www.spbgasu.ru/Universitet/Biblioteka/Obrazovatelnye-internet-resursy/">https://www.spbgasu.ru/Universitet/Biblioteka/Obrazovatelnye-internet-resursy/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "Консультант студента"	<a href="https://www.studentlibrary.ru/">https://www.studentlibrary.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "IPRbooks"	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ"	<a href="https://www.biblio-online.ru/">https://www.biblio-online.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронная библиотека Ирбис 64	<a href="http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/">http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/</a>
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/">https://moodle.spbgasu.ru/</a>

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)
Microsoft Windows 10 Pro	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016.
Microsoft Office 2016	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016.

Microsoft Project 2016	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016.
------------------------	---

#### 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 самостоятельной работы	Помещение для самостоятельной работы (компьютерный класс): ПК-12 шт. (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с установленным мультимедийным оборудованием (проектор, экран, колонки) с доступом к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ; доска маркерная; комплект учебной мебели на 12 посадочных мест.
25. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.
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, аудио-система), доска, 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.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - специалитет по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства (приказ Минобрнауки России от 11.08.2020 № 935).

Программу составил:

\_\_\_\_\_ зав. каф. ТГВ, к.ф.-м.н. Пономарев Н.С.

Программа обсуждена и рекомендована на заседании кафедры Теплогазоснабжения и вентиляции

21.04.2021, протокол № 8

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ к.ф.-м.н., доцент Н.С. Пономарев

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии факультета

15.06.2021, протокол № 4.

Председатель УМК \_\_\_\_\_

к.т.н., доцент А.В. Зазыкин