

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего образования  
 «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и  
 дизайна»  
 (СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.25** Техническая термодинамика

Учебный план: \_\_\_\_\_ ФГОС3++b130301ЭТ-2\_22-14.plx

Кафедра:  Теплосиловых установок и тепловых двигателей

Направление подготовки:  
 (специальность) 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки:  
 (специализация) Энергетика теплотехнологий

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся			Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия				
3	УП	34	17	17	40	36	4	Экзамен
	РПД	34	17	17	40	36	4	
4	УП	34	34		40	36	4	Экзамен
	РПД	34	34		40	36	4	
Итого	УП	68	51	17	80	72	8	
	РПД	68	51	17	80	72	8	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 г. № 143

Составитель (и):

Кандидат технических наук, доцент

Кандидат технических наук, доцент

ассистент

Злобин В.Г.

Шиманский С.Р.

Базулин И.С.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой теплосиловых установок и тепловых двигателей

Злобин В.Г.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Сморозин С.Н.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области теплоэнергетики и теплотехники, связанной со знаниями фундаментальных законов, являющихся основой функционирования тепловых машин и аппаратов, представлениями о рабочих процессах, протекающих в тепловых машинах и их эффективности, о свойствах рабочих тел и теплоносителей.

### 1.2 Задачи дисциплины:

- Овладеть основными понятиями технической термодинамики, терминологией, законами, основными термодинамическими процессами, протекающими в тепловых машинах.
- Уметь пользоваться методами расчета термодинамических процессов и экспериментального определения свойств рабочих тел и теплоносителей.
- Усвоить основные направления повышения эффективности тепловых машин и аппаратов.
- Продемонстрировать алгоритм расчета основных термодинамических параметров, с использованием прикладного программного обеспечения, для определения показателей эффективности.
- Привить способности к самостоятельному приобретению и использованию в практической деятельности новых знаний и умений.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Математика

Химия

Физика

Материаловедение, технологии конструкционных материалов

Электротехника и электроника

Введение в специальность

Гидрогазодинамика (Газодинамика)

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**ОПК-3: Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах**

**Знать:** основные законы термодинамики; основные термодинамические соотношения; теплофизические свойства рабочих тел, термодинамические процессы, циклы и их показатели.

**Уметь:** использовать знания теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем; понимать основные законы термодинамики и термодинамических соотношений.

**Владеть:** расчетами термодинамических процессов, циклов и их показателей.

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа			СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)	Лаб. (часы)			
Раздел 1. Основные законы термодинамики.	3						0
Тема 1. Предмет технической термодинамики и ее задачи. Введение; основные понятия и определения; предмет и метод технической термодинамики; международная система единиц (СИ); основные термодинамические параметры состояния; термодинамическая система; термодинамический процесс; теплота и работа; термодинамическое равновесие.		3	2		3		
Тема 2. Уравнения состояния идеальных газов. Основные законы идеального газа; уравнение состояния идеальных газов; универсальное уравнение состояния идеального газа.		3	2		3		
Тема 3. Смесь идеальных газов. Основные свойства газовых смесей; способы задания смеси газов; газовая постоянная смеси газов; средняя молярная масса смеси газов; парциальные давления.		3	2		4		
Раздел 2. Реальные газы. Первый закон термодинамики.							
Тема 4. Реальные газы. Свойства реальных газов; уравнение состояния Ван-дер-Ваальса; анализ уравнения Ван-дер-Ваальса; уравнение состояния для реальных газов М.П. Вукаловича и И.И. Новикова; температурные коэффициенты.		3	1		3		
Тема 5. Первый закон термодинамики. Закон сохранения и превращения энергии; внутренняя энергия; аналитическое выражение работы процесса; обратимые и необратимые процессы; аналитическое выражение первого закона термодинамики; энтальпия.		3	2		3		

Раздел 3. Теплоемкость газов. Термодинамические процессы.					
Тема 6. Теплоемкость газов. Энтропия. Основные определения; удельная (массовая), объемная и молярная теплоемкости газов; аналитические выражения для теплоемкостей $C_v$ и $C_p$ ; элементы молекулярно-кинетической и квантовой теорий теплоемкости; истинная и средняя теплоемкости; отношение теплоемкостей $C_p$ и $C_v$ ; определение $Q_v$ и $Q_p$ для идеальных газов по таблицам теплоемкостей; теплоемкость смесей идеальных газов; приближенные значения теплоемкостей; энтропия. вычисление энтропии идеального газа для обратимых и необратимых процессов; тепловая T-s диаграмма. Лабораторная работа №1 "Определения отношения теплоемкостей $C_p$ к $C_v$ "	3	1	5	6	Л
Тема 7. Термодинамические процессы идеальных газов. Общие вопросы исследования процессов; изохорный процесс; изобарный процесс; изотермический процесс; адиабатный процесс; политропные процессы. Лабораторная работа №2 "Исследование изотермического процесса", Лабораторная работа №3 "Исследование изобарного процесса", Лабораторная работа №4 "Исследование изохорного процесса", Лабораторная работа №5 "Исследование адиабатного процесса".	3	1	12	8	
Раздел 4. Второй закон термодинамики.					
Тема 8. Второй закон термодинамики. Основные положения второго закона термодинамики; круговые термодинамические процессы, или циклы; термический КПД и холодильный коэффициент циклов; прямой и обратный обратимый цикл Карно; теорема Карно; свойства обратимых и необратимых циклов и математическое выражение второго закона термодинамики.	3	2		2	О
Тема 9. Энтропия термодинамических процессов. Изменения энтропии в обратимых и необратимых процессах; обобщенный (регенеративный) цикл Карно; принцип возрастания энтропии и физический смысл второго закона термодинамики; максимальная работа; эксергия.	3	1		2	
Раздел 5. Истечение и дросселирование газов и паров.					О

<p>Тема 10. Истечение газов и паров. Первый закон термодинамики в применении к потоку движущегося газа; работа проталкивания. дальнейшее развитие уравнения первого закона термодинамики для потока; располагаемая работа при истечении газа; адиабатный процесс истечения газа; истечение капельной жидкости; скорость истечения и массовый расход идеального газа из суживающегося сопла; анализ уравнения массового расхода идеального газа и критическое давление; критическая скорость и максимальный расход идеального газа; основные условия течения идеального газа по каналам переменного сечения; случаи истечения идеального газа из суживающегося сопла; истечение идеального газа из комбинированного сопла Лаваля; истечение газов с учетом трения; истечение водяного пара.</p>						
<p>Тема 11. Дросселирование газов и паров. смешение газов. Дросселирование газа; уравнение процесса дросселирования; исследование процесса дросселирования. эффект Джоуля — Томсона; дросселирование Ван-дер-Ваальсова газа; кривая инверсии; дросселирование или мятие водяного пара; смешение газов; изменение энтропии идеальных газов при смешении.</p>						
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	34	17	17	40		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)	2,5			33,5		
Раздел 6. Водяной пар (реальный газ).						
<p>Тема 12. Водяной пар (реальный газ). Основные понятия и определения; диаграмма <math>p - t</math> водяного пара; процессы подогрева жидкости, парообразования и пароперегрева; сухой насыщенный пар; влажный насыщенный водяной пар; уравнение Клапейрона-Клаузиуса; процесс перегрева пара;</p>	4					0
<p>Тема 13. Термодинамические процессы в парах. Диаграммы <math>T-s</math> и <math>h-s</math> водяного пара; термодинамические процессы в парах.</p>						
Раздел 7. Циклы паросиловых установок.						0

Тема 14. Циклы паросиловых установок. Основной цикл паросиловой установки (цикл Ренкина) на перегретом паре без учета работы насоса; термический КПД цикла Ренкина с учетом работы насоса; удельный расход пара и теплоты; относительный внутренний и абсолютный КПД.	5	4	5		
Тема 15. Способы повышения термического КПД паросиловой установки. Влияние начальных и конечных параметров пара на термический КПД ПСУ; вторичный перегрев пара.	4	4	5		
Раздел 8. Основы теплофикации.					
Тема 16. Основы теплофикации. Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии. Тепловой баланс конденсационной паросиловой установки; тепловой баланс теплофикационной ПСУ; теплофикационные циклы; цикл ПСУ с ухудшенным вакуумом в конденсаторе; цикл ПСУ с противоаварийными турбинами; цикл ПСУ с турбинами с двумя и одним регулируемым отборами пара.	4	4	5		О
Тема 17. Регенеративный цикл паросиловой установки. Термодинамический КПД регенеративного цикла паросиловой установки; уравнение теплового баланса питательного бака и подогревателей.	4	4	5		
Раздел 9. Циклы холодильных и теплонасосных установок.					
Тема 18. Циклы холодильных машин и установок. Цикл паровой компрессионной холодильной машины; цикл воздушной холодильной машины; абсорбционные холодильные установки; цикл парожеткорной холодильной установки.	4	5	5		О
Тема 19. Циклы теплонасосных установок. Цикл пароконденсационного теплового насоса; цикл пароконденсационного экологически чистого теплового насоса.	4	5	5		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	34	34	40		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5	33,5		

Всего контактная работа и СР по дисциплине		141	147		
--	--	-----	-----	--	--

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

##### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ОПК-3	<p>Обучающийся:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Демонстрирует умение читать и разрабатывать технологические схемы, термодинамические процессы, циклы; умеет оценивать параметры технического состояния, распознавать причины нарушений в работе теплотехнических установок и систем.</li> <li>2. Использует основные законы термодинамики, термодинамические соотношения, термодинамические свойства рабочих тел для расчета параметров работы и технического состояния теплоэнергетического оборудования и устройств.</li> <li>3. Умеет определять последовательность необходимых действий при выполнении расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей;</li> <li>4. Владеет методикой разработки технических условий и решений на технологические изменения, реконструкцию, техническое перевооружение и модернизацию теплотехнического оборудования;</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вопросы устного собеседования.</li> <li>2. Практико-ориентированные задания</li> </ol>

##### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Обучающийся показывает всестороннее и глубокое знание основных термодинамических законов, свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях при ответе; усвоил основную и знаком с дополнительной литературой; может объяснить взаимосвязь термодинамических процессов для последующей профессиональной деятельности; проявляет творческие способности и широкую эрудицию в использовании учебного материала.	Обучающийся демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей термодинамических величин. Умеет применять математический аппарат для реализации плана решения задачи и, если это необходимо, может представить его графически. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.
4 (хорошо)	Обучающийся показывает достаточный уровень знаний основных термодинамических законов, ориентируется в основных понятиях и определениях термодинамических процессов; усвоил основную литературу; допускает незначительные погрешности при ответах на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы преподавателя.	Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей термодинамических величин. Допускает незначительные погрешности при применении математического аппарата для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.
3 (удовлетворительно)	Обучающийся показывает знания учебного материала в минимальном объеме; может сформулировать термодинамические законы, понятия и определения термодинамических процессов, но при этом, допуская большое количество принципиальных ошибок; знаком с основной литературой; допускает	Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей термодинамических величин. Допускает незначительные погрешности при применении математического аппарата для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ, но испытывает



	существенные ошибки в ответе на экзамене, но может устранить их под руководством преподавателя	затруднения с его интерпретацией.
2 (неудовлетворительно)	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; не может сформулировать основные термодинамические законы; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на экзамене существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя.	Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере с помощью математического аппарата реализовать ее решение. Не знает размерности термодинамических величин, не может сделать рисунок или схему, поясняющую решение задачи. Обучающийся отказывается выполнять задание

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 3	
1	Располагаемая работа при истечении газа, ее расчет
2	Работа проталкивания. Дальнейшее развитие уравнения первого закона термодинамики для потока
3	Первый закон термодинамики в применении к потоку движущегося газа
4	Максимальная работа. Понятие эксергии, потери работоспособности в необратимых процессах и эксергетический КПД
5	Формулировка и физическая сущность второго закона термодинамики
6	Обобщенный (регенеративный) цикл Карно
7	Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах
8	Свойства обратимых и необратимых циклов. Математическое выражение второго закона термодинамики
9	Теорема Карно
10	Обратный обратимый цикл Карно и его термический КПД
11	Прямой обратимый цикл Карно
12	Термический КПД и холодильный коэффициент циклов
13	Основные положения второго закона термодинамики. Круговые термодинамические процессы и циклы
14	Адиабатный и политропные процессы
15	Изобарный и изотермический процессы
16	Общие вопросы исследования термодинамических процессов идеальных газов. Изохорный процесс
17	Изображение и сопоставление тепловых процессов в $Pv$ и $Ts$ – диаграмма
18	Энтропия. Вычисление энтропии идеального газа для обратимых и необратимых процессов.
19	Теплоемкость смесей идеальных газов. Приближенные значения теплоемкостей
20	Определение $qv$ и $qr$ для идеальных газов по таблицам теплоемкостей
21	Истинная и средняя теплоемкости. Отношение теплоемкостей $C_p$ и $C_v$
22	Элементы молекулярно-кинетической и квантовой теорий теплоемкости
23	Аналитические выражения для теплоемкостей $C_v$ и $C_p$ . Зависимость теплоемкости от температуры
24	Определения удельной (массовой), объемной и молярной теплоемкости газов. Их взаимосвязь
25	Внутренняя энергия и энтальпия как энергетические функции состояния идеального газа
26	Общее аналитическое выражение первого закона термодинамики
27	Обратимые и необратимые термодинамические процессы
28	Аналитическое выражение работы процесса
29	Закон сохранения и превращения энергии. Внутренняя энергия
30	Уравнение состояния для реальных газов М.П. Вукаловича и И.И. Новикова
31	Уравнение Ван-дер-Ваальса в приведенных параметрах состояния. Критические параметры вещества
32	$Pv$ -диаграмма при фазовых переходах жидкости и газа (диаграмма Эндрюса)
33	Анализ уравнения Ван-дер-Ваальса
34	Уравнение состояния Ван-дер-Ваальса
35	Термодинамические свойства реальных газов
36	Средняя молярная масса смеси газов. Парциальные давления

37	Газовая постоянная смеси газов
38	Способы задания смеси газов. Закон Дальтона
39	Основные свойства газовых смесей
40	Универсальное уравнение состояния идеального газа. Универсальная газовая постоянная
41	Уравнение состояния идеальных газов. Удельная газовая постоянная
42	Понятие об идеальном газе. Основные законы идеальных газов
43	Термодинамическое равновесие. Равновесные и неравновесные Термодинамическое равновесие. Равновесные и неравновесные
44	Теплота и работа, как разные формы передачи энергии
45	Термодинамический процесс. Наименование и определяющие признаки
46	Определения и свойства термодинамических систем
47	Основные термодинамические параметры состояния. Единицы измерения в системе СИ.
48	Смещение газов. Изменение энтропии идеальных газов при смешении.
49	Дросселирование водяного пара.
50	Дросселирование Ван-дер-Ваальсова газа. Кривая инверсии.
51	Исследование процесса дросселирования. Эффект Джоуля-Томпсона.
52	Дросселирование газа. Уравнение процесса дросселирования.
53	Истечение газов с учетом трения. Истечение водяного пара.
54	Истечение идеального газа из комбинированного сопла Лавалья
55	Случаи истечения идеального газа из сужающегося сопла
56	Основные условия течения идеального газа по каналам переменного сечения
57	Критическая скорость и максимальный расход идеального газа
58	Анализ уравнения массового расхода идеального газа и критическое давление
59	Скорость истечения и массовый расход идеального газа из сужающегося сопла
60	Адиабатный процесс истечения газа. Истечение капельной жидкости
Семестр 4	
61	Цикл парокompрессионного экологически чистого теплового насоса.
62	Цикл парокompрессионного теплового насоса.
63	Цикл пароежекторной холодильной установки.
64	Абсорбционные холодильные установки.
65	Цикл воздушной холодильной машины.
66	Цикл паровой компрессионной холодильной машины.
67	Холодильная установка, работающая по циклу Карно. Холодильный коэффициент.
68	Уравнения теплового баланса питательного бака и подогревателей регенеративного цикла ПСУ.
69	Схема реального регенеративного цикла ПСУ и его изображение в диаграмме T-S.
70	Термодинамический КПД регенеративного цикла паросиловой установки.
71	Цикл ПСУ с турбинами с двумя и одним регулируемым отборами пара (с одним производственным или теплофикационным или двумя одновременно).
72	Цикл ПСУ с противоавлапченческими турбинами (турбины типа «Р»).
73	Теплофикационные циклы. Цикл ПСУ с ухудшенным вакуумом в конденсаторе.
74	Тепловой баланс теплофикационной паросиловой установки.
75	Тепловой баланс конденсационной паросиловой установки.
76	Пути повышения термического КПД паросиловых установок. Вторичный перегрев пара.
77	Влияние конечного давления P2 на термический КПД ПСУ.
78	Влияние начальной температуры пара T1 на термический КПД ПСУ.
79	Влияние начального давления P1 на термический КПД ПСУ.
80	Удельные расходы пара и теплоты. Относительный внутренний и абсолютный КПД цикла Ренкина.
81	Термический КПД цикла Ренкина с учетом работы насоса.
82	Основной цикл паросиловой установки (цикл Ренкина) на перегретом паре без учета работы насоса.
83	Изотермический и адиабатный термодинамические процессы водяного пара.
84	Изохорный и изобарный термодинамические процессы водяного пара.
85	Диаграмма h-S водяного пара.
86	Диаграмма T-S водяного пара.
87	Процесс перегрева пара. Параметры перегретого пара.
88	Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.

89	Влажный насыщенный водяной пар. Параметры влажного насыщенного пара.
90	Сухой насыщенный пар. Полная теплота сухого насыщенного пара. Таблицы сухого насыщенного пара.
91	Процесс парообразования. Внешняя и внутренняя теплоты парообразования.
92	Процесс подогрева жидкости. График подогрева жидкости в T-S координатах.
93	p-V - диаграмма водяного пара.
94	T-p – диаграмма фазовых переходов вещества. Основные понятия и определения процессов фазовых переходов.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Задание №1.

Для идеального газа температурный коэффициент объемного расширения  $\beta_r = 1/273,15$  был получен при изобарном нагреве от 0 до 1°C. Определить числовые значения  $\beta_r$  при 200°C и 400°C.

Задание №2.

Из комбинированного сопла газовой турбины вытекают продукты сгорания при давлении  $P_2 = 0,13$  МПа. При входе в сопло давление газов равно  $P_1 = 0,1$  МПа при температуре 1200К. Массовый расход, газов  $m = 0,8$  кг/с. Истечение считать адиабатным, а показатель адиабаты  $k = C_p/C_v = 1,35$ . Продукты сгорания обладают свойствами воздуха. Трением в канале сопла и входной скоростью пренебречь. Определить минимальное и выходное сечения сопла, а также температуру газов при выходе из сопла.

## 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  +  Письменная  +  Компьютерное тестирование  Иная

### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- Возможность пользоваться справочными таблицами, разрешенными слайдами схем и рисунков, калькулятором;
- Время на подготовку ответа по билету на экзамене 45 минут.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
В.Г. Злобин, С.В. Горбай, Т.Ю. Короткова	Техническая термодинамика [Текст]. Ч.2. Водяной пар. Циклы теплосиловых установок: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2016	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/6.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/6.pdf</a>
В.Г. Злобин, С.В. Горбай, Т.Ю. Короткова	Техническая термодинамика [Текст]. Ч.1. Основные законы термодинамики. Циклы тепловых двигателей: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2016	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/5.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/5.pdf</a>
Крайнов, А. В., Пашков, Е. Н.	Термодинамика и теплопередача. Часть 1. Термодинамика	Томск: Томский политехнический университет	2017	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/84039.html">http://www.iprbooks.hop.ru/84039.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				

Козырев, А. В.	Термодинамика и молекулярная физика	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент	2012	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/13871.html">http://www.iprbooks.hop.ru/13871.html</a>
В.Г. Злобин, С.В. Горбай, Э.Р. лиев	Исследование термодинамических процессов [Текст]: методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Техническая термодинамика» для студентов институтов энергетики и автоматизации и безотрывных форм обучения	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2016	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuidt//2.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuidt//2.pdf</a>
Комаров, А. А.	Термодинамика и статистическая физика. Руководство к решению задач. Часть 1	Алматы: Казахский национальный университет им. аль-Фараби	2013	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/59892.html">http://www.iprbooks.hop.ru/59892.html</a>
В.Г. Злобин, С.В. Горбай, М.С. Липатов	Определение отношения теплоемкостей воздуха $C_p/C_v$ [Текст]: методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Техническая термодинамика» для студентов институтов энергетики и автоматизации и безотрывных форм обучения	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2017	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuidt/7.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuidt/7.pdf</a>
С.В. Горбай, М.С. Липатов	Техническая термодинамика [Текст] : методические указания к выполнению контрольных работ для обучающихся Института безотрывных форм обучения	М-во науки и высшего образования РФ, ВШТЭ СПбГУПТД.- СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД	2019	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuidt/2019_08_26_01.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/tsuidt/2019_08_26_01.pdf</a>

## 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>
2. Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>
3. База данных большой технической библиотеки "Сайт теплотехника" [Электронный ресурс].

URL:<http://teplokot.ru/>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8  
MicrosoftOfficeProfessional 2013  
Диаграмма HS для воды и водяного пара v2.5

## 6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска

Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
A-207	Лабораторные установки для испытания различных конструкций теплообменных аппаратов, лабораторная установка Теплоснабжение с МПСО, лабораторный стенд по исследованию термодинамических процессов
A-003	Лабораторная установка для определения отношения теплоемкостей воздуха, калориметр для определения общей жесткости, термостат вискозиметрический