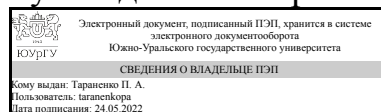


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



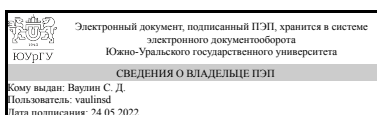
П. А. Тараненко

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.О.22 Термодинамика и теплопередача  
**для направления** 15.03.03 Прикладная механика  
**уровень** Бакалавриат  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Двигатели летательных аппаратов

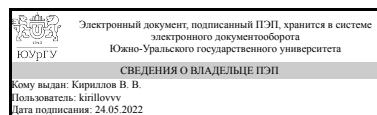
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 729

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., проф.



С. Д. Ваулин

Разработчик программы,  
д.техн.н., доц., профессор



В. В. Кириллов

## 1. Цели и задачи дисциплины

Представление обучающимся знаний о законах термодинамики, тепловых свойствах рабочих тел, закономерностях протекания термодинамических процессов, основных видах и закономерностях процессов теплообмена, являющихся базовыми при изучении специальных дисциплин и дисциплин специализации.

## Краткое содержание дисциплины

Термодинамика представляет собой науку о закономерностях преобразования энергии. Термодинамика позволяет определить возможность и направленность протекания различных физико-химических процессов. Теплопередача изучает механизмы переноса тепла в различных процессах в науке и технике и является теоретической основой проектирования теплообменных аппаратов различного назначения.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	Знает: основные законы получения, передачи и преобразования тепловой энергии, методы эффективного использования теплоты, принципы действия и области применения теплоэнергетического оборудования Умеет: производить тепловые расчеты и измерения основных теплотехнических показателей, проводить технико-экономическую оценку эффективности методов генерации, передачи и использования тепловой энергии Имеет практический опыт: применения основных законов термодинамики и теплообмена, сравнительного анализа различных способов проведения процессов теплообмена
ОПК-11 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии	Знает: законы термодинамики и теплопередачи в процессах в конструкциях Умеет: применять законы термодинамики и теплопередачи в решении типовых задач Имеет практический опыт: применения основных законов термодинамики и теплообмена, сравнительного анализа различных способов проведения процессов теплообмена

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.26 Введение в направление подготовки, 1.О.10 Математический анализ, 1.О.25 Электротехника и электроника, 1.О.19 Сопротивление материалов и механика конструкций,	Не предусмотрены

1.О.14 Физика, 1.О.18 Теоретическая механика, 1.О.21 Механика жидкости и газа	
---	--

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
1.О.26 Введение в направление подготовки	Знает: основные понятия, аксиомы и законы механики для решения задач классической механики, современные САД-системы и их функциональные возможности для создания 2D и 3D-моделей машиностроительных изделий Умеет: применять методы статического и кинематического анализа для описания равновесия и движения механических систем, создавать геометрические модели машиностроительных изделий с применением современных САД-систем Имеет практический опыт: построения и аналитического решения математических моделей, описывающих равновесие и движение механических систем, создания 2D и 3D-моделей деталей и механизмов с применением современных САД-систем
1.О.19 Сопротивление материалов и механика конструкций	Знает: перечень информации, регламентируемой в задачах сопротивления материалов нормативно-технической документацией, основные гипотезы, используемые в сопротивлении материалов, и ограничения на круг решаемых задач, обусловленные этими гипотезами, место дисциплины в общей системе прочностных дисциплин с учетом современных тенденций Умеет: искать необходимую нормативно-техническую документацию, представлять реальный объект в виде расчетной схемы, выбирать математический аппарат для описания напряженного состояния конкретной конструкции, формулировать задачи рационального проектирования конструкций с точки зрения прочности и весовой эффективности Имеет практический опыт: использования нормативной документации при расчетах на прочность простейших стержневых систем, выполнения расчетов напряженно-деформированного состояния стержневых конструкций при различных видах нагружения, привлечения результатов расчетов напряженного состояния для выбора рациональных вариантов стержневых конструкций
1.О.14 Физика	Знает: основные физические величины и физические константы, их определение, смысл, способы и единицы их измерения; законы окружающего мира и их взаимосвязи; основы естественнонаучной картины мира; основные

	<p>физические теории и пределы их применимости для описания явлений природы и решения современных и перспективных профессиональных задач, основные физические явления и основные законы физики; границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях; назначение и принципы действия важнейших физических приборов</p> <p>Умеет: применять положения фундаментальной физики к грамотному научному анализу ситуаций, с которыми придется сталкиваться при создании, развитии или использовании новой техники и новых технологий, записывать уравнения для физических величин в системе СИ; работать с приборами и оборудованием современной физической лаборатории; использовать различные методики измерений и обработки экспериментальных данных; использовать методы адекватного физического и математического моделирования, а также применять методы физикоматематического анализа к решению конкретных естественнонаучных и технических проблем</p> <p>Имеет практический опыт: решения физических задач, теоретического и экспериментального исследования, применения методов обработки и интерпретации результатов измерений, навыков обработки экспериментальных данных</p>
1.О.21 Механика жидкости и газа	<p>Знает: физические свойства жидкостей и газов, физические законы равновесия и движения жидкостей и газов, характеристики потока в живом сечении, гидравлические сопротивления, модели жидкой среды и области их использования, физические законы равновесия и движения жидкостей и газов, характеристики потока в живом сечении, гидравлические сопротивления</p> <p>Умеет: решать прикладные задачи гидромеханики, включая расчеты трубопроводов и отдельных элементов гидросистем, силового воздействия жидкости и газа на ограничивающие поверхности, расчеты гидравлических потерь энергии, анализировать различные гидрогазодинамические явления и строить их математические модели; решать прикладные задачи гидромеханики</p> <p>Имеет практический опыт: типовых экспериментальных исследований гидравлических сопротивлений и устройств истечения жидкостей и газов, путями снижения сил сопротивления и гидравлических потерь энергии, решения типовых задач гидромеханики с привлечением физико-математического аппарата</p>
1.О.18 Теоретическая механика	<p>Знает: базовые понятия, модели и основные теоремы теоретической механики, методы</p>

	<p>расчета статических и динамических систем для применения их в профессиональной деятельности, фундаментальные понятия кинематики и кинетики; основные аксиомы, законы и принципы теоретической механики для применения их в профессиональной деятельности</p> <p>Умеет: строить механические и математические модели технических систем и исследовать их, квалифицированно применяя основные методы статического, кинематического и динамического анализа механических систем, применять теоремы кинематики, законы и принципы кинетики к исследованию равновесия и движения твердого тела и механической системы</p> <p>Имеет практический опыт: применения методов моделирования задач механики с целью выполнения силового расчета статических конструкций; нахождения кинематических характеристик движения точки и твердого тела; составления дифференциальных уравнений движения точки и механической системы под действием сил и решения созданных математических моделей, применения методов кинематического, статического и динамического анализов при решении типовых задач на определение скоростей и ускорений точек и твердых тел; реакций связей статических конструкций и динамических систем</p>
1.О.10 Математический анализ	<p>Знает: основные математические положения, законы, основные формулы и методы решения задач разделов дисциплин математического анализа, фундаментальные основы разделов математического анализа, необходимые для освоения других дисциплин и самостоятельного приобретения знаний</p> <p>Умеет: самостоятельно работать с учебной, справочной и учебно-методической литературой; доказывать теоремы, вычислять определенные интегралы по фигуре; характеризовать векторные поля; находить циркуляцию и поток векторного поля; применять интегралы к решению простых прикладных задач; составлять модели реальных процессов и проводить их анализ, решать типовые примеры и использовать математические методы в решении профессиональных задач</p> <p>Имеет практический опыт: анализа и синтеза информации, а также употребления математических символов для выражения количественных и качественных отношений объектов; навыками символьных преобразований математических выражений, использования методов математического анализа и моделирования в решении профессиональных задач</p>
1.О.25 Электротехника и электроника	<p>Знает: основные законы электрических и магнитных цепей устройство и принципы действия трансформаторов, электрических</p>

	машин и электронных устройств, их рабочие характеристики; основы безопасности при использовании электротехнических и электронных приборов и устройств Умеет: читать электрические схемы, грамотно применять в своей работе электротехнические и электронные приборы и устройства; определять простейшие неисправности при работе Имеет практический опыт: расчета и эксплуатации электрических цепей и электротехнических и электронных устройств
--	---

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		5
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	51,5	51,5
с применением дистанционных образовательных технологий	0	
изучение конспекта лекций и рекомендованной литературы	36,5	36.5
подготовка к экзамену. см. конспект лекций, основную и дополнительную литературу	15	15
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Термодинамика	16	10	6	0
2	Теплопроводность	8	4	4	0
3	Конвективный теплообмен	16	12	4	0
4	Теплообмен излучением	8	6	2	0

##### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во
----------	-----------	---	--------

			часов
1	1	Основные понятия и определения термодинамики. Параметры состояния, координаты состояния, потенциал взаимодействия. Виды термодинамических систем. Уравнение состояния совершенного газа. Теплоёмкость, теплота, работа. Внутренняя энергия.	2
2	1	Первый закон термодинамики для закрытой и открытой систем. Энтальпия. Понятие о термодинамическом процессе. Второй закон термодинамики. Интеграл Клаузиуса. Энтропия. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах.	2
3	1	Смеси совершенных газов. Процессы совершенных газов.	2
4	1	Циклы воздушно реактивных и ракетных двигателей	2
5	1	Основные положения термодинамики систем с переменным количеством рабочего тела	2
6	2	Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Стационарная теплопроводность пластины	2
7	2	Стационарная теплопроводность цилиндрических и шаровых стенок. Тепловая защита.	2
8	3	Конвекция. Виды конвекции. Пограничный слой. Уравнения пограничного слоя.	2
9	3	Критерии подобия конвективного теплообмена. Теорема подобия Кирпичёва-Гухмана	2
10	3	Теплообмен при высокоскоростном продольном обтекании поверхностей летательных аппаратов	2
11	3	Конвективный теплообмен в каналах охлаждения камер сгорания и сопел ЖРД	2
12	3	Конвективный теплообмен при свободной конвекции в полостях ракет	2
13	3	Конвективный теплообмен при кипении криогенных компонентов топлива	2
14	4	Виды лучистых тепловых потоков. Законы теплового излучения	2
15	4	Теплообмен излучением в системе плоско-параллельных тел. Теплообмен тела с оболочкой.	2
16	4	ТЗашита от теплового излучения. Основные понятия теплообмена излучением в поглощающей и рассеивающей среде.	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Параметры состояния, уравнение состояния совершенного газа. Процессы в газах.	2
2	1	Процессы в смесях газов с переменной теплоёмкостью	2
3	1	Циклы воздушно-реактивных и ракетных двигателей	2
4	2	Теплопроводность плоской стенки, цилиндра	2
5	2	Теплопроводность цилиндрической и шаровой стенок	2
6	3	Теплообмен при продольном высокоскоростном обтекании поверхностей ЛА	2
7	3	Теплообмен при течении в каналах охлаждения ЖРД	2
8	4	Лучистый теплообмен	2

## 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

#### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
изучение конспекта лекций и рекомендованной литературы	Смеси совершенных газов. Вычисление газовой постоянной, теплоёмкости, энтальпии. Закон Дальтона [1-3] Смеси совершенных газов Процессы в газах [1-3] Газовые процессы совершенных газов Циклы воздушно-реактивных и ракетных двигателей [1-3] Газовые циклы Стационарная теплопроводность пластины, цилиндра, шара [4-6] Теплопроводность при стационарном режиме Определение коэффициентов теплоотдачи при течении в каналах охлаждения ЖРД [4-6] Конвективный теплообмен в однофазной среде Определение коэффициента теплоотдачи при продольном высокоскоростном обтекании поверхностей ЛА [4-6] Конвективный теплообмен в однофазной среде Определение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции [4-6] Конвективный теплообмен при свободной конвекции Определение коэффициента теплоотдачи при кипении [4-6] Теплообмен при кипении Виды лучистых потоков [4-6] Теплообмен излучением Расчёт лучистого теплообмена в системе плоско-параллельных тел [4-6] Теплообмен излучением Расчёт лучистого теплообмена тела с оболочкой [4-6] Теплообмен излучением Подготовка к экзамену конспект лекций, литература [1-6]	5	36,5
подготовка к экзамену. см. конспект лекций, основную и дополнительную литературу	Смеси совершенных газов. Вычисление газовой постоянной, теплоёмкости, энтальпии. Закон Дальтона [1-3] Смеси совершенных газов Процессы в газах [1-3] Газовые процессы совершенных газов Циклы воздушно-реактивных и ракетных двигателей [1-3]	5	15

#### 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации



Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	5	Текущий контроль	решение задач по термодинамике	1	13	Студент решает задачи согласно списка и номера варианта. За решение каждой задачи: ход решения верный, получен верный ответ - 1 балл, нет решения, не приведены какие-либо формулы, необходимые для решения задачи, получен неверный ответ - 0 баллов.	экзамен
2	5	Текущий контроль	решение задач по теплопроводности	1	7	Студент решает задачи согласно списка и номера варианта. Всего 7 задач. За решение каждой задачи: ход решения верный, получен верный ответ - 1 балл, нет решения, не приведены какие-либо формулы, необходимые для решения задачи, получен неверный ответ - 0 баллов.	экзамен
3	5	Текущий контроль	решение задач по теплопередаче	1	10	Студент решает задачи согласно списка и номера варианта. Всего 10 задач. За решение каждой задачи: ход решения верный, получен верный ответ - 1 балл, нет решения, не приведены какие-либо формулы, необходимые для решения задачи, получен неверный ответ - 0 баллов.	экзамен
4	5	Промежуточная аттестация	термодинамика	-	8	Студент письменно отвечает на 4 вопроса из приведенного списка. За каждый ответ: 2 балла - ответ построен логически верно; обнаружено максимально глубокое знание профессиональных терминов, понятий, категорий, концепций и теорий; установлены содержательные межпредметные связи; выдвигаемые положения обоснованы, приведены убедительные примеры; обнаружен аналитический подход в освещении различных концепций; сделаны содержательные выводы; продемонстрировано знание обязательной и дополнительной литературы; 1 балл - ответ недостаточно логически выстроен; в плане ответа соблюдается непоследовательно; недостаточно раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории;	экзамен

						<p>выдвигаемые положения декларируются, но недостаточно аргументируются;</p> <p>продемонстрировано знание обязательной литературы; 0 баллов - нет ответа или не раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории; научное обоснование проблем подменено рассуждениями обыденно-повседневного характера; ответ содержит ряд серьезных неточностей; выводы поверхностны или неверны; не продемонстрировано знание обязательной литературы.</p>	
5	5	Промежуточная аттестация	теплопроводность	-	4	<p>Студент письменно отвечает на 2 вопроса из приведенного списка. За каждый ответ: 2 балла - ответ построен логически верно; обнаружено максимально глубокое знание профессиональных терминов, понятий, категорий, концепций и теорий; установлены содержательные межпредметные связи; выдвигаемые положения обоснованы, приведены убедительные примеры; обнаружен аналитический подход в освещении различных концепций; сделаны содержательные выводы;</p> <p>продемонстрировано знание обязательной и дополнительной литературы; 1 балл - ответ недостаточно логически выстроен; в плане ответа соблюдается непоследовательно; недостаточно раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории;</p> <p>выдвигаемые положения декларируются, но недостаточно аргументируются;</p> <p>продемонстрировано знание обязательной литературы; 0 баллов - нет ответа или не раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории; научное обоснование проблем подменено рассуждениями обыденно-повседневного характера; ответ содержит ряд серьезных неточностей; выводы поверхностны или неверны; не продемонстрировано знание обязательной литературы.</p>	экзамен
6	5	Промежуточная аттестация	теплопередача	-	2	<p>Студент письменно отвечает на 2 вопроса из приведенного списка. За каждый ответ: 2 балла - ответ построен логически верно; обнаружено</p>	экзамен

					<p>максимально глубокое знание профессиональных терминов, понятий, категорий, концепций и теорий; установлены содержательные межпредметные связи; выдвигаемые положения обоснованы, приведены убедительные примеры; обнаружен аналитический подход в освещении различных концепций; сделаны содержательные выводы; продемонстрировано знание обязательной и дополнительной литературы; 1 балл - ответ недостаточно логически выстроен; в плане ответа соблюдается непоследовательно; недостаточно раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории; выдвигаемые положения декларируются, но недостаточно аргументируются; продемонстрировано знание обязательной литературы; 0 баллов - нет ответа или не раскрыты профессиональные понятия, категории, концепции, теории; научное обоснование проблем подменено рассуждениями обыденно-повседневного характера; ответ содержит ряд серьезных неточностей; выводы поверхностны или неверны; не продемонстрировано знание обязательной литературы.</p>	
--	--	--	--	--	--	--

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	К экзамену допускается студент, прошедший текущий контроль. Экзамен проводится в письменной форме. Время подготовки 1 час	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ					
		1	2	3	4	5	6
ОПК-1	Знает: основные законы получения, передачи и преобразования тепловой энергии, методы эффективного использования теплоты, принципы действия и области применения теплоэнергетического оборудования	+	+	+	+	+	+
ОПК-1	Умеет: производить тепловые расчеты и измерения основных теплотехнических показателей, проводить технико-экономическую оценку эффективности методов генерации, передачи и использования тепловой энергии	+	+	+	+	+	+
ОПК-1	Имеет практический опыт: применения основных законов термодинамики и теплообмена, сравнительного анализа различных способов проведения	+	+	+	+	+	+

	процессов теплообмена								
ОПК-11	Знает: законы термодинамики и теплопередачи в процессах в конструкциях	+	+	+	+	+	+	+	+
ОПК-11	Умеет: применять законы термодинамики и теплопередачи в решении типовых задач	+	+	+	+	+	+	+	+
ОПК-11	Имеет практический опыт: применения основных законов термодинамики и теплообмена, сравнительного анализа различных способов проведения процессов теплообмена	+	+	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Кириллин, В. А. Техническая термодинамика Текст учебник для вузов по направлению 140100 "Теплоэнергетика" В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательский дом МЭИ, 2008. - 494 с. ил.
2. Крутов, В. И. Техническая термодинамика Учеб. для машиностроит. спец. вузов Под ред. В. И. Крутова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1991. - 382,[2] с. ил.
3. Исаев, С. И. Термодинамика Учеб. для машиностроит. специальностей техн. ун-тов и вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. - 412,[1] с. ил.
4. Кудинов, В. А. Техническая термодинамика и теплопередача Текст учебник для вузов по инж.-техн. направлениям и специальностям В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Юрайт, 2017. - 441, [1] с. ил.
5. Цветков, Ф. Ф. Тепломассообмен Текст учебник для вузов по направлению "Теплоэнергетика" Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. - М.: Издательский дом МЭИ, 2011. - 559 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Болгарский, А. В. Термодинамика и теплопередача Учебник для студентов авиац. спец. вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1975. - 495 с. ил.
2. Исаченко, В. П. Теплопередача Учебник для теплоэнерг. спец. вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1981. - 417 с. ил.
3. Юдаев, Б. Н. Техническая термодинамика. Теплопередача Учеб. для неэнерг. спец. вузов. - М.: Высшая школа, 1988. - 478 с. ил.

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Теплоэнергетика

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Кириллов, В.В. Теоретические основы теплотехники. Тепломассообмен / В.В. Кириллов.—Челябинск, Издательство ЮУрГУ, 2008.—69 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Кириллов, В.В. Теоретические основы теплотехники. Тепломассообмен / В.В. Кириллов.—Челябинск, Издательство ЮУрГУ, 2008.— 69 с.

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Дульнев, Г.Н. Основы теории тепломассообмена [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Г.Н. Дульнев, С.В. Тихонов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2010. — 93 с. — <a href="https://e.lanbook.com/book/40715">https://e.lanbook.com/book/40715</a>
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Кириллин В.А., Техническая термодинамика [Электронный ресурс] : учебник / Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е.. — Электрон. дан. — Москва : Издательский дом МЭИ, 2016. — 496 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/72305">https://e.lanbook.com/book/72305</a> .

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	306 (2)	компьютерная техника
Лекции	306 (2)	компьютерная техника