

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Забайкальский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Энергетический факультет  
Кафедра Энергетики

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

Энергетический факультет

Батухтин Андрей  
Геннадьевич

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_  
г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.О.19 Техническая термодинамика

на 288 часа(ов), 8 зачетных(ые) единиц(ы)

для направления подготовки (специальности) 13.03.01 - Теплоэнергетика и теплотехника

составлена в соответствии с ФГОС ВО, утвержденным приказом  
Министерства образования и науки Российской Федерации от

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г. №\_\_\_

Профиль – Тепловые электрические станции (для набора 2021)

Форма обучения: Очная

# 1. Организационно-методический раздел

## 1.1 Цели и задачи дисциплины (модуля)

Цель изучения дисциплины:

Изучить законы термодинамики, ознакомить с основными термодинамическими свойствами рабочих тел и теплоносителей теплотехнических установок, методами расчета этих свойств, методами расчета и анализа рабочих процессов и циклов теплотехнических установок с целью достижения их наивысшей энергетической эффективности.

Задачи изучения дисциплины:

В процессе изучения студенты должны овладеть знаниями о термодинамических процессах, фундаментальных понятиях, законах и теориях классической и современной термодинамики, выработать способность выделять конкретное физическое содержание в различных задачах профессиональной деятельности и уметь применять в них соответствующие законы, а также методы экспериментальных и теоретических исследований в теплофизике.

## 1.2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОП

Дисциплина «Техническая термодинамика» входит в Блок 1, базовая часть, «Дисциплины (модули)» программы бакалавриата, и относится к базовым дисциплинам, обязательным для изучения студентами, обучающимися по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника. Техническая термодинамика является базовой дисциплиной при подготовке специалистов теплоэнергетиков. Изучение специальных дисциплин («Котельные установки», «Турбины ТЭС и АЭС», «Тепловые и атомные электростанции» и т.д.) основывается на знании законов термодинамики. Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь базовую подготовку по курсу физики и по разделам высшей математики: векторная алгебра, дифференциальное и интегральное исчисления, дифференциальные уравнения.

## 1.3. Объем дисциплины (модуля) с указанием трудоемкости всех видов учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 8 зачетных(ые) единиц(ы), 288 часов.

Виды занятий	Семестр 3	Семестр 4	Всего часов
Общая трудоемкость			288
Аудиторные занятия, в т.ч.	68	48	116
Лекционные (ЛК)	34	16	50
Практические (семинарские) (ПЗ,	17	16	33

СЗ)			
Лабораторные (ЛР)	17	16	33
Самостоятельная работа студентов (СРС)	76	24	100
Форма промежуточной аттестации в семестре	Экзамен	Экзамен	72
Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП)			

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы		Планируемые результаты обучения по дисциплине
Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции, формируемые в рамках дисциплины	Дескрипторы: знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности
ОПК-3	ИД-1 ОПК-3. Демонстрирует понимание основных законов движения жидкости и газа.	Знать: Основные законы движения жидкости и газа.  Уметь: Соотносить основные законы движения жидкости и газа с условиями протекания реальных процессов.  Владеть: Навыками практического применения основных законов движения жидкости и газа.
ОПК-3	ИД-2 ОПК-3. Применяет знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и	Знать: Основы гидрогазодинамики.  Уметь: Формировать

	<p>систем.</p>	<p>функциональную взаимосвязь между основами гидрогазодинамики и основами технической термодинамики.</p> <p>Владеть: Навыками практического применения знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и систем в рамках технической термодинамики.</p>
ОПК-3	<p>ИД-3 ОПК-3. Использует знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.</p>	<p>Знать: Основные теплофизические свойства рабочих тел.</p> <p>Уметь: Осуществлять поиск точных значений теплофизические свойств рабочих тел в специализированных источниках.</p> <p>Владеть: Навыками использования теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.</p>
ОПК-3	<p>ИД-4 ОПК-3. Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений.</p>	<p>Знать: Основные законы термодинамики и термодинамических соотношений.</p> <p>Уметь: Оперировать теоретическими знаниями об основных законах</p>

		<p>термодинамики и термодинамических соотношений для подтверждения их корректности.</p> <p>Владеть: Навыками практического применения основных законов термодинамики и термодинамических соотношений.</p>
ОПК-3	<p>ИД-5 ОПК-3. Применяет знания основ термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей.</p>	<p>Знать: Основы термодинамики.</p> <p>Уметь: Анализировать и графически интерпретировать различные термодинамические процессы, циклы и их показатели.</p> <p>Владеть: Навыками практического применения знаний основ термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей.</p>
ОПК-3	<p>ИД-6 ОПК-3. Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы.</p>	<p>Знать: Основные законы и способы переноса теплоты и массы.</p> <p>Уметь: Формировать функциональную взаимосвязь между основами технической термодинамики и основными законами и способами переноса теплоты и</p>

		<p>массы.</p> <p>Владеть: Навыками практического применения основных законов и способов переноса теплоты и массы в рамках технической термодинамики.</p>
ОПК-3	<p>ИД-7 ОПК-3.</p> <p>Применяет знания основ теплообмена в теплотехнических установках.</p>	<p>Знать: Основы теплообмена.</p> <p>Уметь: Формировать функциональную взаимосвязь между основами технической термодинамики и основами теплообмена.</p> <p>Владеть: Навыками практического применения основ теплообмена в рамках технической термодинамики.</p>

### 3. Содержание дисциплины

#### 3.1. Разделы дисциплины и виды занятий

##### 3.1 Структура дисциплины для очной формы обучения

Модуль	Номер раздела	Наименование раздела	Темы раздела	Всего часов	Аудиторные занятия			С Р С
					Л К	П З (С З)	Л Р	
1	1.1	Идеальные газы	Общие вопросы технической термодинамики. Законы термодинамики.	22	4	4	4	10

	1.2	Идеальные газы	Идеальные газы и их смеси	48	8	4	8	28
	1.3	Идеальные газы	Термодинамические процессы	32	8	4	4	16
	1.4	Идеальные газы	Второй закон термодинамики и его следствия	26	8	2	0	16
	1.5	Идеальные газы	Фазовые диаграммы	16	4	2	0	10
2	2.1	Водяной пар	Водяной пар	31	6	8	7	10
	2.2	Водяной пар	Циклы паротурбинных установок	41	11	9	10	11
Итого				216	49	33	33	101

### 3.2. Содержание разделов дисциплины

#### 3.2.1. Лекционные занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)
1	1.1	Общие вопросы технической термодинамики . Законы термодинамики.	Техническая термодинамика как теоретическая основа теплоэнергетики. Термодинамическая система и окружающая среда. Равновесные и неравновесные состояния и процессы. Термодинамические свойства и процессы идеального газа. Параметры состояния. Законы идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Теплота и работа – формы передачи энергии. Первый закон термодинамики как закон сохранения и превращения энергии. Внутренняя энергия и энтальпия. Работа расширения. Аналитические выражения первого закона Теплота и работа – формы передачи энергии. Первый закон термодинамики как закон сохранения и превращения энергии. Внутренняя энергия и энтальпия. Работа расширения. Аналитические выражения первого закона	4

	1.1	Идеальные газы и их смеси	Основные уравнения термодинамики. Молекулярнокинетическая теория теплоемкости газа. Истинная и средняя теплоемкости. Зависимость теплоемкости идеального газа от температуры. Теоретическая оценка теплоемкостей $c_p$ и $c_v$ . Смеси идеальных газов. Способы задания состава смеси. Расчет термодинамических свойств идеальных газов по свойствам компонентов	8
	1.1	Термодинамические процессы	Основные термодинамические процессы (изохорный, изотермический, изобарный, адиабатный). Исследование процессов. Сравнительный анализ политропных процессов. Адиабатное истечение газов и паров из геометрического сопла. Максимальный расход и критическая скорость. Зависимость скорости и расхода газа через сопло от отношения конечного и начального давлений. Сопло Лавала. Уравнение процесса дросселирования. Дросселирование идеального газа. Температура инверсии, кривая инверсии	8
	1.1	Второй закон термодинамики и его следствия	Формулировки второго закона термодинамики и связь между ними. Процессы обратимые и необратимые. Термический КПД цикла теплового двигателя. Цикл Карно и его КПД. TS-диаграмма и ее свойства. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах. Необратимость и производство работы. Эксергия как мера работоспособности системы. Потеря эксергии в необратимых процессах	8
	1.1	Фазовые диаграммы	Условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса. Фазовые диаграммы $p$ - $T$ , $p$ - $V$ , $T$ - $S$ для стабильных состояний. Уравнение	4

			Ван-дер-Ваальса и его анализ. Подобие термодинамических свойств веществ.	
2	2.1	Водяной пар	Вода и водяной пар. Удельный объем, энтальпия и энтропия воды, влажного, сухого насыщенного и перегретого пара. Критические условия, сверхкритическая область состояния пара. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара. P-V, T-S, i-S диаграммы водяного пара. Расчет процессов для водяного пара	6
	2.1	Циклы паротурбинны х установок	Принципиальная схема паротурбинной установки (цикл Ренкина), цикл в P-V, T-S, i-S диаграммах. Термический КПД цикла. Способы повышения термического КПД цикла Ренкина – влияние начальных и конечных параметров пара. Расширение пара в турбине. Тепловой и эксергетический балансы паротурбинной установки. Термодинамический анализ цикла ПТУ. Схемы регенеративного подогрева питательной воды, цикл в P-V, TS, i-S диаграммах. КПД цикла. Комбинированная выработка электроэнергии и тепла на ТЭЦ. Термодинамические основы теплофикации.	11

### 3.2.2. Практические занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)
1	1.1	Водяной пар	Изменение параметров состояния воды и водяного пара	8
	1.2	Идеальные газы и их смеси	Зависимость теплоемкости идеального газа от температуры. Теоретическая оценка теплоемкостей ср и сv. Смеси идеальных газов. Способы задания состава смеси.	4
	1.3	Термодинами ческие	Основные термодинамические процессы (изохорный,	4

		процессы	изотермический, изобарный, адиабатный). Политропные процессы	
	1.4	Второй закон термодинамики и его следствия	Изменение энтропии в термодинамических процессах. Цикл Карно и его КПД	2
	1.5	Фазовые диаграммы	Построение процессов в T-s и p-v диаграммах	2
2	2.1	Общие вопросы технической термодинамики. Законы термодинамики	Первый закон термодинамики как закон сохранения и превращения энергии. Внутренняя энергия и энтальпия. Работа расширения	4
	2.2	Циклы паротурбинных установок	Циклы Ренкина	9

### 3.2.3. Лабораторные занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)
1	1.1	Общие вопросы технической термодинамики. Законы термодинамики.	Закон эквивалентности тепла и работы	4
	1.2	Идеальные газы и их смеси	Определение термодинамических параметров воздуха	8
	1.3	Термодинамические процессы	Политропные процессы в воздухе.	4
2	2.1	Водяной пар	Построение процессов в hs диаграмме	7
	2.2	Циклы паротурбинных установок	Исследование термодинамических циклов паротурбинных установок	10

### 3.3. Содержание материалов, выносимых на самостоятельное изучение

Модуль	Номер раздела	Содержание материалов, выносимого на самостоятельное изучение	Виды самостоятельной деятельности	Трудоемкость (в часах)
1	1.1	Идеальные газы	Выполнение домашних контрольных работ; составление отчета и ответов на вопросы по лабораторной работе; работа с электронными образовательными ресурсами.	80
2	2.1	Водяной пар	Выполнение домашних контрольных работ; составление отчета и ответов на вопросы по лабораторной работе; работа с электронными образовательными ресурсами.	21
	2.1			0

#### **4. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины представлен в приложении.

[Фонд оценочных средств](#)

#### **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

##### **5.1. Основная литература**

##### **5.1.1. Печатные издания**

1. Кириллин, Владимир Алексеевич. Техническая термодинамика : учебник / Кириллин Владимир Алексеевич, Сычев Вячеслав Владимирович, Шейндлин Александр Ефимович. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : МЭИ, 2008. - 496 с. : ил. - ISBN 978-5-383-00263-6 : 1013-00.

2. Кудинов, Василий Александрович. Техническая термодинамика : учеб. пособие / Кудинов Василий Александрович, Карташов Эдуард Михайлович. - 2-е изд., испр. - Москва : Высш. шк., 2001. - 261с. - ISBN 5-06-003712-6 : 75-00.

3. Сборник задач по технической термодинамике : учебник / Андрианова Тамара Николаевна [и др.]. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Энергоиздат, 1981. - 239 с. - 0-70.

4. Юдаев, Борис Николаевич. Техническая термодинамика. Теплопередача : учебник / Юдаев Борис Николаевич. - М. : Высшая школа, 1988. - 479с. : ил. - 1-40.

### 5.1.2. Издания из ЭБС

1. Ерофеев, Валентин Леонидович. Теплотехника в 2 т. Том 1. Термодинамика и теория теплообмена : Учебник / Ерофеев Валентин Леонидович; Ерофеев В.Л., Пряхин А.С., Семенов П.Д. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 308. - (Бакалавр и магистр. Академический курс). - ISBN 978-5-534-01738-0. - ISBN 978-5-534-01739-7 : 120.39. <https://www.biblio-online.ru/book/E0E1338F-8EAF-430A-B206-A8A45F61C0AC>

## 5.2. Дополнительная литература

### 5.2.1. Печатные издания

1. Рабинович, Оскар Маркович. Сборник задач по технической термодинамике : учеб. пособие / Рабинович Оскар Маркович. - 5-е изд., перераб. - Москва : Машиностроение, 1973. - 344с. - 0-88.

2. Техническая термодинамика : учебник для вузов / Дрыжаков Евгений Васильевич [и др.]; под ред. В.И. Крутова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высш. шк., 1981. - 439 с. : ил. - 1-40.

3. Нащокин, Владимир Васильевич. Техническая термодинамика и теплопередача : учебник / Нащокин Владимир Васильевич. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва : Высш. шк., 1980. - 469с. : ил. - 1-30.

### 5.2.2. Издания из ЭБС

1. Белов, Глеб Витальевич. Термодинамика в 2 ч. Часть 1 : Учебник и практикум / Белов Глеб Витальевич; Белов Г.В. - 2-е изд. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 264. - (Бакалавр. Академический курс). - ISBN 978-5-534-02731-0. - ISBN 978-5-534-02732-7 : 104.01. <https://www.biblio-online.ru/book/B978FA69-78BE-4FD8-B1EE-F1D7668ED1A72>

2. Кудинов, Василий Александрович. Техническая термодинамика и теплопередача : Учебник / Кудинов Василий Александрович; Кудинов В.А., Карташов Э.М., Стефанюк Е.В. - 3-е изд. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 442. - (Бакалавр. Академический курс). - ISBN 978-5-534-00781-7 : 163.80. <https://www.biblio-online.ru/book/EFA5B946-B5A6-4C71-AE60-3DAFCC7163>

## 5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Название	Ссылка
----------	--------

## 6. Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение общего назначения: ОС Microsoft Windows, Microsoft Office, АBBYY FineReader, ESET NOD32 Smart Security Business Edition, Foxit Reader, АИБС "МегаПро".

Программное обеспечение специального назначения:

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование помещений для проведения учебных занятий и для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Состав оборудования и технических средств обучения указан в паспорте аудитории, закрепленной расписанием по факультету
Учебные аудитории для проведения практических занятий	
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	

## 8. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Для эффективного освоения материала дисциплины необходимым является выполнение следующих требований:

- обязательное посещение всех лекционных занятий, способствующее системному овладению материалом курса;
- все вопросы соответствующих разделов и тем по дисциплине необходимо фиксировать (на любых носителях информации);
- обязательное самостоятельное выполнение домашних заданий является важнейшим требованием и условием формирования целостного и системного знания по дисциплине;
- обязательность личной активности каждого студента на всех занятиях по дисциплине;
- в случаях неясности каких-либо вопросов, обсуждаемых на занятиях, необходимо задать соответствующие вопросы преподавателю, а не оставлять их непонятыми;
- в случаях пропусков занятий по уважительным причинам студентам предоставляется право подготовки и представления заданий и ответов на вопросы изученного материала, с расчетом на помощь преподавателя в его усвоении;
- в случаях пропусков без уважительной причины студент обязан самостоятельно изучить соответствующий материал;
- необходимым условием является самостоятельность и инициативность студентов при контроле набора баллов по дисциплине для успешного прохождения промежуточной аттестации.

Для эффективного освоения материала дисциплины в ходе практических занятий необходимо выполнение следующих требований:

- четко понимать цели предстоящих занятий (предварительно формулируются преподавателем):
- владеть навыками поиска, обработки, адаптации и презентации необходимого материала;
- уметь четко формулировать и отстаивать собственный взгляд на рассматриваемые проблемные вопросы, который необходимо подкреплять адекватной аргументацией;
- уметь выделять и формулировать противоречия по рассматриваемым проблемам, понимая их источники;
- владеть навыками публичного выступления (логично, ясно и лаконично излагать свои мысли; адекватно оценивать восприятие и понимание слушателями представляемого материала; отвечать на задаваемые вопросы; приводить адекватные и убедительные

аргументы в защиту своей позиции и т.д.);

- уметь критически оценивать собственные знания, умения и навыки в динамике в сравнении с таковыми у других, с целью раскрытия дополнительных возможностей их развития;
- при подготовке к занятиям обязательно изучить рекомендуемую литературу;
- оценить различные точки зрения на проблемные вопросы нескольких исследователей, а не ограничиваться рассмотрением позиции одного автора;
- при формулировке собственной точки зрения предусмотреть убедительную ее аргументацию и возможность возникновения спорных ситуаций;
- владеть навыками работы в команде (при выполнении определенных заданий, предполагающих работу в микрогруппах, при проведении ролевых игр, дискуссий и т.д.).

Порядок организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов предполагает:

- самостоятельный поиск, обработку (анализ, синтез, обобщение и систематизацию), адаптацию необходимой по дисциплине информации;
- выполнение заданий для самостоятельной работы;
- изучение и усвоение теоретического материала, представленного на лекционных занятиях и в соответствующих литературных источниках (рекомендуемая основная и дополнительная литература);
- самостоятельное изучение отдельных вопросов курса;
- подготовка к практическим и семинарским занятиям, в соответствии с рекомендациями преподавателя (выполнение конкретных заданий, соответствующие организационные действия и т.д.).

Подготовка индивидуальных сообщений (докладов) в рамках самостоятельной работы студента предполагает достаточно длительную системную работу студента, а также в случае необходимости консультативную помощь преподавателя.

Работа должна быть тщательно продумана, спланирована и разделена на соответствующие этапы, каждый из которых требует целого ряда определенных умений и навыков:

- определение и формулировка темы сообщения или доклада (либо осмысление темы, сформулированной преподавателем в соответствующих случаях);
- составление плана с использованием анализа, синтеза, обобщения и логики построения изложения материала;
- определение источников информации;
- работа с источниками научной информации (подбор, анализ, обобщение, систематизация, адаптация и т.д.);
- формулировка основных обобщений и выводов по результатам анализа изученного материала.

Разработчик/группа разработчиков:  
Михаил Владимирович Кобылкин

**Типовая программа утверждена**

Согласована с выпускающей кафедрой  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.