

**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 2023)
Форма обучения: Заочная

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.	12	16	28
Лекционные (ЛК)	4	8	12
Практические (семинарские) (ПЗ,	4	4	8

СЗ)			
Лабораторные (ЛР)	4	4	8
Самостоятельная работа студентов (СРС)	96	92	188
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

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

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

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

3. Содержание дисциплины

3.1. Разделы дисциплины и виды занятий

3.1 Структура дисциплины для заочной формы обучения

Модуль	Номер раздела	Наименование раздела	Темы раздела	Всего часов	Аудиторные занятия			СРС
					ЛК	ПЗ (СЗ)	ЛР	
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 Лаваля. 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 паротурбинных 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 c_p и c_v . Смеси идеальных газов. Способы задания состава смеси.	4
	1.3	Термодинамические	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 h-s 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-F1D7668ED1A7> 2.

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, ABBYY 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.