



Негосударственное частное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Технический университет УГМК»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ОРГАНИЗАЦИИ И  
ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИН**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА**

Направление подготовки	<u>13.03.02 Электроэнергетика и электротехника</u>
Профиль подготовки	<u>Электрооборудование и энергохозяйство горных и промышленных предприятий</u>
Уровень высшего образования	<u>бакалавриат</u> <i>(бакалавриат, специалитет, магистратура)</i>

Автор - разработчик: Федорова С. В., канд. техн. наук, доцент

Рассмотрено на заседании кафедры энергетики

Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма  
2021

Самостоятельная работа по дисциплине имеют целью под руководством преподавателя на практике закрепление обучающимися полученных на лекциях теоретических знаний.

Раздел	Темы практических занятий
1	Объект исследования, математический аппарат и задачи технической термодинамики. Основные способы получения энергии. Классификация термодинамических систем. Параметры состояния. Термодинамическое равновесие. Первый (основной) постулат термодинамики.
1	Уравнение состояния. Пространство состояний. Понятие о термодинамическом процессе. Равновесные и неравновесные, обратимые и необратимые процессы. Циклы. Общий критерий обратимости термодинамических процессов.
1	Определение и свойства внутренней энергии. Работа и внешняя работа. Работа цикла. Теплота. Энтальпия как обобщенная координата. Теплота цикла. Полная и удельные теплоемкости. Факторы, влияющие на теплоемкость. Понятие о классической и квантовой теориях теплоемкости. Расчет количества теплоты при переменной теплоемкости (табличный и аналитический способы). Теплоемкость газовых смесей.
2	Формулировки и математическое выражение первого закона термодинамики. первого закона термодинамики. Понятие о вечном двигателе первого рода. Энтальпия термодинамической системы и внешняя работа. Формулировки и математическое выражение первого закона термодинамики. первого закона термодинамики. Понятие о вечном двигателе первого рода. Энтальпия термодинамической системы и внешняя работа.
2	Качественное различие между работой и теплотой. Принципиальная схема теплового двигателя. Различные формулировки второго закона термодинамики (Томсона, Клаузиуса, Каратеодори). Понятие о вечном двигателе второго рода. Математическое выражение второго закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов, принцип возрастания энтропии. Основы термодинамики необратимых процессов. Третий закон термодинамики. Тепловая теорема Нернста. Формулировка Планка.
2	Уравнения для первого закона термодинамики, внутренней энергии и энтальпии, энтропии и теплоемкости. Закон Джоуля. Формула Майера. Вычисление термодинамических функций.
3	Политропный процесс идеального газа. Аадиабатный, изотермический, изобарный, изохорный процессы. Обобщающее значение политропного процесса.
3	Уравнение политропного процесса и его анализ.
3	Политропный процесс идеального газа. Аадиабатный, изотермический, изобарный, изохорный процессы. Обобщающее значение политропного процесса.
4	Свободная энергия Гельмгольца. Изобарный потенциал Гиббса. Фундаментальное уравнение Гиббса для термодинамических потенциалов. Соотношения Максвелла.
4	Процессы с переменным числом частиц Фундаментальное уравнение Гиббса для систем с переменным числом частиц. Химический потенциал и его свойства. Правило фаз Гиббса. Фазовая диаграмма p-T. Фазовые переходы первого рода. Условия фазового равновесия на примере системы «жидкость – пар». Уравнение Клапейрона – Клаузиуса.

4	Термодинамические свойства воды и водяного пара. Анализ процессов в $p$ - $V$ , $T$ - $S$ , $h$ - $S$ диаграммах. Уравнение состояния воды и перегретого пара. Расчет параметров влажного пара. Основные термодинамические процессы воды и водяного пара. Расчет процессов при помощи таблиц и диаграмм.
4	Термодинамические свойства, $h$ - $d$ диаграмма и расчет процессов влажного воздуха.
5	Методы описания и основные законы для потока вещества. Уравнение баланса механической энергии. Скорость звука. Число Маха. Режимы течения. Принцип обращения воздействия. Сопло и диффузор. Принцип работы турбины. Типы сопел. Особенности воздействия трением.
5	Термодинамика геометрического сопла. Режимы работы сопла. Истечение идеального и реальных газов из суживающегося и комбинированного сопла Лаваля. Адиабатическое торможение потока. Температура адиабатического торможения.
5	Процесс дросселирования. Дифференциальный и интегральный дроссель-эффекты. Особенности дросселирования воды и водяного пара.
6	Стехиометрия химических реакций. Первый закон термодинамики применительно к химическим реакциям. Теплоты химических превращений. Закон Гесса.
6	Химическое равновесие, закон действующих масс. Константа равновесия. Химическое сродство. Скорости химических реакций.
7	Циклы двигателей внутреннего сгорания с изохорным, изобарным и смешанным подводом тепла и их сравнение. Циклы газотурбинных установок (ГТУ). Термодинамический анализ работы компрессора. Термический КПД идеального цикла ГТУ и способы его повышения. Циклы прямоточного турбореактивного и ракетного двигателей.
7	Цикл Карно в области влажного пара. Цикл Ренкина – цикл паротурбинной установки (ПТУ). Влияние начальных и конечных параметров пара на термический КПД цикла. Промежуточный перегрев пара, регенерация теплоты и теплофикация в циклах ПТУ. Термодинамический расчет с учетом потерь. КПД реальных циклов. Внутренний относительный и эффективный КПД. Особенности циклов АЭС.
7	Влияние свойств рабочего тела на КПД цикла Ренкина. Расчет бинарного цикла и парогазового циклов.
7	Обратный цикл Карно. Принципиальные схемы и расчет воздушной и пароконпрессорной холодильных установок. Рабочие тела пароконпрессорных холодильных установок. Эжекторные и адсорбционные холодильные установки. схема, принцип действия и эффективность установок. Циклы тепловых насосов и трансформаторов тепла.
7	Прямые и обратные циклы. Первый и второй закон термодинамики для циклов тепловых двигателей. Термический КПД цикла. Выражение для термического КПД и его анализ. Цикл Карно. Теоремы Карно. Регенерация тепла. Обобщенный цикл Карно.
7	Циклы двигателей внутреннего сгорания с изохорным, изобарным и смешанным подводом тепла и их сравнение. Циклы газотурбинных установок (ГТУ). Термодинамический анализ работы компрессора. Термический КПД идеального цикла ГТУ и способы его повышения. Циклы прямоточного турбореактивного и ракетного двигателей.
7	Цикл Карно в области влажного пара. Цикл Ренкина – цикл паротурбинной установки (ПТУ). Влияние начальных и конечных параметров пара на термический КПД цикла. Промежуточный перегрев пара, регенерация теплоты

	и теплофикация в циклах ПТУ. Термодинамический расчет с учетом потерь. КПД реальных циклов. Внутренний относительный и эффективный КПД. Особенности циклов АЭС.
7	Влияние свойств рабочего тела на КПД цикла Ренкина. Расчет бинарного цикла и парогазового циклов.
7	Обратный цикл Карно. Принципиальные схемы и расчет воздушной и парокompрессорной холодильных установок. Рабочие тела парокompрессорных холодильных установок. Эжекторные и адсорбционные холодильные установки. схема, принцип действия и эффективность установок. Циклы тепловых насосов и трансформаторов тепла.
8	Определение эксергии. Эксергия тепла термодинамического процесса, неподвижного рабочего тела и вещества в потоке. Эксергетический анализ необратимых процессов.
8	Циклы прямого преобразования теплоты в электрическую энергию. Топливные элементы. Термоэлектрические и термомагнитные установки. Термоэлектронные преобразователи.
8	Определение эксергии. Эксергия тепла термодинамического процесса, неподвижного рабочего тела и вещества в потоке. Эксергетический анализ необратимых процессов.
8	Циклы прямого преобразования теплоты в электрическую энергию. Топливные элементы. Термоэлектрические и термомагнитные установки. Термоэлектронные преобразователи.