

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»  
(КГУ)

Кафедра «Энергетика и технология металлов»



УТВЕРЖДАЮ:  
Первый проректор  
/Т.Р. Змызгова/  
«З» 08 2021г.

## Рабочая программа учебной дисциплины

### **Техническая термодинамика**

образовательной программы высшего образования –  
программы бакалавриата

#### **13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника**

Направленность

#### **Энергообеспечение предприятий**

#### **13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника**

Направленность

#### **Электроснабжение**

Формы обучения: очная, заочная

Курган 2021

Рабочая программа дисциплины «Техническая термодинамика» составлена в соответствии с учебными планами по программе бакалавриата Теплоэнергетика и теплотехника, (энергообеспечение предприятий) утвержденными:

- для очной формы обучения «30» августа 2021 года.
- для заочной формы обучения «30» августа 2021 года.

Электроэнергетика и электротехника, (электроснабжение) утвержденными:

- для очной формы обучения «30» августа 2021 года.
- для заочной формы обучения «30» августа 2021 года.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Энергетика и технология металлов» «30» августа 2021 года, протокол №1.

Рабочую программу составил  
Доцент



В.А. Савельев

Согласовано:  
Заведующий кафедрой  
«Энергетика и технология металлов»



В.И. Мошкин

Специалист по учебно – методической работе  
учебно - методического отдела



Г.В. Казанкова

Начальник управления  
образовательной деятельности



С.Н. Синицын

## 1 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 4 зачетных единиц трудоемкости (144 академических часа)

### Очная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		3
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов</b>	<b>48</b>	48
<b>в том числе:</b>		
Лекции	32	32
Лабораторные работы	16	16
Практические работы	-	-
<b>Самостоятельная работа, всего часов</b>	<b>96</b>	<b>96</b>
<b>в том числе:</b>		
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем, разделов дисциплины)	69	69
Подготовка к экзамену	27	27
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Экзамен</b>	<b>Экзамен</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	<b>144</b>	<b>144</b>

### Заочная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		4
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов</b>	<b>8</b>	8
<b>в том числе:</b>		
Лекции	4	4
Лабораторные работы	4	4
Практические работы	-	-
<b>Самостоятельная работа, всего часов</b>	<b>136</b>	<b>136</b>
<b>в том числе:</b>		
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем, разделов дисциплины)	91	91
Контрольная работа	18	18
Подготовка к экзамену	27	27
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Экзамен</b>	<b>Экзамен</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	<b>144</b>	<b>144</b>

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Техническая термодинамика» относится к базовой части блока 1 и является обязательной для обучающегося.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных при освоении следующих дисциплин:

- Математика;
- Физика;
- Химия;
- Гидрогазодинамика.

Изучение указанной дисциплины необходимо для получения знаний, умения и навыков в последующих дисциплинах профессионального цикла.

## **3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

Цель освоения учебной дисциплины «Техническая термодинамика» заключается в формировании знаний о фундаментальных законах осуществления тепловых процессов.

В задачи изучения дисциплины входят

- приобретения навыков анализа термодинамических систем;
- выработка практических навыков определения значения термодинамических характеристик рабочих тел и теплоносителей;
- получение навыков использования физико–математического аппарата для теоретического и экспериментального исследования, моделирования термодинамических процессов.

Компетенции, формируемые у учащихся в результате изучения дисциплины:

- способность демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспортирования теплоты в теплотехнических установках и системах (ОПК-3 направление 13.03.01).

- способность применять соответствующий физико–математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-2 направление 13.03.02).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- Знать основные законы термодинамики; способы преобразования тепловой энергии в работу, технологии, машины, аппараты и устройства, осуществляющие эти преобразования (ОПК-3 направление 13.03.01), (ОПК-2 направление 13.03.02).
- Уметь использовать основные методы анализа, теоретического и экспериментального исследования термодинамических процессов и циклов тепловых машин (ОПК-3 направление 13.03.01), (ОПК-2 направление 13.03.02).

- Владеть методиками проведения и обработки результатов теоретического и экспериментальных исследований; навыками использования источников информации для планирования, анализа и моделирования исследований технической термодинамики (ОПК-3 направление 13.03.01), (ОПК-2 направление 13.03.02).

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Очная форма обучения

#### 4.1 Учебно-тематический план

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем					
		Лекции		Практич. занятия		Лабораторные работы	
		О	З	О	З	О	З
		семестр		семестр		семестр	
		3	4	3	4	3	4
1	Основные понятия и законы. Газовые смеси.	4		-	-	-	-
2	Первое начало термодинамики.	2	2	-	-	2	-
3	Термодинамические процессы.	4	-	-	-	6	4
4	Второе начало термодинамики.	4	2	-	-	-	-
5	Вода и водяной пар. Термодинамика газовых потоков. Влажный воздух.	4	-	-	-	-	-
6	Работа компрессоров.	2	-	-	-	4	-
7	Циклы работы паротурбинных установок.	4	-	-	-	-	-
8	Циклы, газотурбинных установок.	2	-	-	-	-	-
9	Циклы двигателей внутреннего сгорания.	4	-	-	-	-	-
10	Циклы работы холодильных машин и тепловых насосов	2	-	-	-	4	-
Итого :		32	4	-	-	16	4

#### 4.2. Содержание лекционных занятий.

##### 1. Основные понятия и законы. Газовые смеси.

Термодинамическая система, её параметры, рабочее тело, термодинамический процесс Уравнение газового состояния. Массовые, объёмные и молярные концентрации газовых смесей. Расчеты газовых смесей.

##### 2. Первое начало термодинамики.

Теплота и работа, внутренняя энергия термодинамической системы. Теплоёмкость.

### Раздел 3. Термодинамические процессы.

Основные термодинамические процессы, их  $P-v$ ,  $T-s$  и  $h-s$  диаграммы. Понятия энтальпия, энтропия процесса.

### Раздел 4. Второе начало термодинамики.

Общая схема работы тепловой машины. Цикл Карно, термический КПД цикла. Теоретические циклы тепловых машин.

### Раздел 5. Вода и водяной пар.

#### Термодинамика газовых потоков. Влажный воздух.

Фазовые переходы водяного пара и воды.  $P-v$ ,  $T-s$  и  $h-s$  диаграммы водяного пара. Расчет процессов водяного пара с помощью таблиц и диаграмм. Дросселирование газов и паров. Сопло Лавалья. Абсолютная влажность, влагосодержание и относительная влажность воздуха.  $id$  - диаграмма Рамзина.

### Раздел 6. Работа компрессоров.

Цикл и индикаторная диаграмма поршневого компрессора. Мощность и КПД компрессора. Центробежные компрессоры. Многоступенчатый компрессор.

### Раздел 7. Циклы работы паротурбинных установок.

Принципиальная схема работы паросиловой установки. Цикл Ренкина. Технологические схемы паросиловых установок.

### Раздел 8. Циклы газотурбинных установок.

Циклы ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении и объеме. Циклы двигателей летательных аппаратов. Изображение циклов ГТУ на  $P-v$  и  $T-s$  диаграммах.

### Раздел 9. Циклы двигателей внутреннего сгорания.

Циклы ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме и давлении, смешанный цикл. Показатели работы степень сжатия  $\varepsilon$ , степень повышения давления  $\lambda$ , степень предварительного расширения  $\rho$ . Термические КПД циклов

### Раздел 10. Циклы работы холодильных машин и тепловых насосов.

Компрессионные и абсорбционные холодильные машины. Тепловые насосы.

#### 4.4. Лабораторные занятия

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование лабораторной работы	Норматив времени, час.	
			0	3
			семестр	
			3	4
2.	Первое начало термодинамики.	Определение изобарной теплоемкости воздуха.	2	-
3.	Термодинамические процессы.	Определение показателя адиабаты воздуха.	4	4

РК	Рубежный контроль № 1		2	-
6	Работа компрессоров	Определение параметров работы компрессора.	4	-
10	Циклы работы холодильных машин и тепловых насосов.	Расчет холодильного коэффициента.	2	-
РК	Рубежный контроль № 2		2	-
<b>Всего:</b>			<b>16</b>	<b>4</b>

#### 4.5 Контрольная работа (для заочной формы обучения)

Контрольная работа выполняется согласно методических рекомендаций.

### 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к лабораторным занятиям, подготовку к рубежному контролю, экзамену.

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение соответствующей лабораторной работы.

Залогом качественного выполнения лабораторных работ является самостоятельная подготовка к ним накануне путем повторения материалов лекций. Рекомендуется подготовить вопросы по неясным моментам и обсудить их с преподавателем в начале лабораторной работы, приветствуется групповой метод выполнения лабораторных работ и защиты отчетов по лабораторным работам.

Для текущего контроля успеваемости преподавателем используется балльно – рейтинговая система контроля и оценки академической успеваемости (для очной формы обучения). Настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на лабораторных работах, при проведении исследований и решении практических задач в целях лучшего освоения материала и получения высокой оценки на контрольных испытаниях.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает подготовку к лабораторным работам, рубежному контролю, экзамену, выполнение контрольной работы ( заочная форма обучения ).

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

## Рекомендуемый режим самостоятельной работы

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.	
	0	3
	семестр	
	3	4
<b>Самостоятельное изучение тем дисциплины:</b>	<b>57</b>	<b>87</b>
Основные понятия и законы. Газовые смеси.	6	8
Первое начало термодинамики.	6	8
Термодинамические процессы.	6	10
Второе начало термодинамики.	6	9
Вода и водяной пар. Термодинамика газовых потоков. Влажный воздух.	6	10
Циклы работы паротурбинных установок.	6	10
Работа компрессоров.	5	8
Циклы, газотурбинных установок.	5	8
Циклы двигателей внутреннего сгорания.	6	8
Циклы работы холодильных машин и тепловых насосов.	5	8
<b>Выполнение контрольной работы</b>	-	18
<b>Подготовка к практическим занятиям (по 1 часу на каждое занятие)</b>	-	-
<b>Подготовка к лабораторным занятиям (по 2 часа на каждое занятие)</b>	<b>8</b>	<b>4</b>
<b>Подготовка к рубежному контролю ( по 2 часа на каждый рубеж)</b>	<b>4</b>	-
<b>Подготовка к экзамену</b>	<b>27</b>	<b>27</b>
<b>Всего:</b>	<b>96</b>	<b>136</b>

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно – рейтинговая система контроля и оценки академической активности студентов в КГУ ( для очной формы обучения ).
2. Отчеты студентов по лабораторным работам.
3. Банк вопросов к экзамену.
4. Задания к рубежному контролю 1,2 ( для очной формы обучения ).
5. Контрольная работа ( для заочной формы обучения ).



## 6.2. Система балльно-рейтинговой оценки работы студентов по дисциплине

№	Наименование	Содержание						
	Распределение баллов за семестры по видам учебной работы, сроки сдачи учебной работы (доводятся до сведения студентов на первом учебном занятии)	Распределение баллов за 3 семестр						
		Вид учебной работы:	Посещение лекций	Выполнение практических работ	Выполнение и защита отчетов по лабораторным работам	Рубежный контроль №1	Рубежный контроль №2	Экзамен
		Балльная оценка:	До 16	-	До 18	До 18	До 18	До 30
		Примечания:	16 лекций по 1 баллу	-	До 6-ти баллов за 4-х часовую лабораторную работу (2л.р. 4-х часовых) До 3-х баллов за 2-х часовую лабораторную работу (2л.р. 2-х часовых)	На 4-й лабораторной работе 3 семестр	На 8-й лабораторной работе 3 семестр	-
2	Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и зачета	<b>60 и менее баллов – неудовлетворительно;</b> <b>61...73 – удовлетворительно;</b> <b>74... 90 – хорошо;</b> <b>91...100 – отлично</b>						

3	Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматического зачета (экзаменационной оценки) по дисциплине, возможность получения бонусных баллов	<p>Для допуска к промежуточной аттестации (экзамену) студент должен набрать по итогам текущего и рубежного контроля не менее 50 баллов и выполнить все лабораторные (очная форма обучения), контрольные работы (заочная форма обучения).</p> <p>Для получения экзаменационной оценки «автоматически» студенту необходимо набрать следующее минимальное количество баллов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 68 для получения «автоматически» оценки «удовлетворительно».</li> </ul> <p>По согласованию с преподавателем студенту, набравшему минимум 68 баллов, могут быть добавлены дополнительные (бонусные) баллы за активность на консультациях, активное участие в научной и методической работе, оригинальность принятых решений в ходе выполнения лабораторных работ, за участие в значимых учебных и внеучебных мероприятиях кафедры и выставлена за экзамен «автоматически» оценка «хорошо» или «отлично».</p>
4	Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) студентов для получения недостающих баллов в конце семестра	<p>В случае если к промежуточной аттестации (экзамену) набрана сумма менее 50 баллов, студенту необходимо набрать недостающее количество баллов за счет выполнения дополнительных заданий, до конца последней (зачетной) недели семестра. При этом необходимо проработать материал всех пропущенных лабораторных работ.</p> <p>Формы дополнительных заданий (назначаются преподавателем):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнение и защита пропущенной лабораторной работы (при невозможности дополнительного проведения лабораторной работы преподаватель устанавливает форму дополнительного задания по тематике пропущенной лабораторной работы самостоятельно) – до 8 баллов;</li> <li>- прохождение рубежного контроля – до 18 баллов.</li> </ul> <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяется преподавателем.</p>

## 6.2. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежные контроли проводятся в форме письменного тестирования.

Перед проведением каждого рубежного контроля преподаватель прорабатывает со студентами основной материал соответствующих разделов дисциплины в форме краткой лекции-дискуссии.

Варианты тестовых заданий для рубежного контроля № 1,2 (3 семестр) состоят из 10 вопросов.

На каждое тестирование при рубежном контроле студенту отводится время не менее 30 минут.

Преподаватель оценивает в баллах результаты тестирования каждого студента по количеству правильных ответов и заносит в ведомость учета текущей успеваемости.

Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов. Время, отводимое студенту на экзамен, составляет 1 астрономический час, каждый вопрос оценивается в 15 баллов.

Результаты экзамена заносятся преподавателем в экзаменационную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день сдачи экзамена и выставляются в зачетную книжку студента.

### 6.3. Примеры оценочных средств

#### Примерный перечень вопросов к рубежному контролю и экзамену

1. Термодинамические системы и их классификация. Рабочее тело. Теплота и работа как формы передачи энергии. Параметры состояния. Уравнение состояния. Уравнение состояния идеального газа. Термодинамический процесс. Равновесные и неравновесные, обратимые и необратимые процессы.
2. Газовые смеси. Способы задания состава смеси. Соотношение между массовыми и объёмными долями. Кажущаяся молекулярная масса. Газовая постоянная смеси. Парциальное давление компонента смеси.
3. Теплоёмкость. Массовая, объёмная теплоёмкость. Средняя и истинная теплоёмкость. Теплоёмкость при постоянном объёме. Теплоёмкость при постоянном давлении. Уравнение Майера. Зависимость теплоёмкости от температуры.
4. Первый закон термодинамики. Теплота и работа. Внутренняя энергия. Выражение теплоты и работы через термодинамические параметры состояния. Энтальпия.
5. Анализ изохорного и изобарного процессов. Изображение процессов на  $P$ - $v$  и  $T$ - $s$  диаграммах.
6. Анализ изотермического и адиабатного процессов. Изображение процессов на  $P$ - $v$  и  $T$ - $s$  диаграммах.
7. Анализ политропного процесса. Уравнение политропы. Изображение процесса на  $P$ - $v$  и  $T$ - $s$  диаграммах.
8. Второй закон термодинамики. Основные формулировки. Циклы. Прямые и обратные циклы. Аналитическое выражение второго закона термодинамики.
9. Энтропия. Тепловые  $T$ - $s$  диаграммы термодинамических процессов.
10. Цикл Карно. Прямой и обратный циклы. Термический КПД и холодильный коэффициент цикла Карно.
11. Водяной пар. Основные определения. Фазовые переходы. Фазовые диаграммы. Тройная и критическая точки водяного пара
12. Термодинамические таблицы воды и водяного пара.  $h$ - $s$  диаграммы воды и водяного пара. Расчёт процессов водяного пара с помощью таблиц и  $h$ - $s$  диаграммы.
13. Дросселирование газов и паров.
14. Сопло Лавала. Критический и сверхкритический расход пара.
15. Влажный воздух. Основные определения.  $i$ - $d$  диаграмма влажного воздуха. (Диаграмма Рамзина). Процессы влажного воздуха.

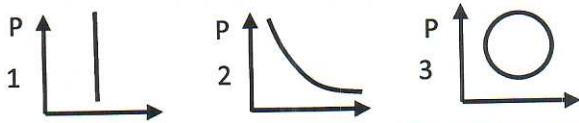
16. Паросиловая установка. Принципиальная схема. Цикл Ренкина. Изображение цикла в  $P-v$ ,  $T-s$  координатах. КПД цикла и его повышение.
17. Теплофикационный цикл. Повышение КПД теплоэлектроцентралей.
18. Поршневой компрессор, принцип действия. Изотермическое, адиабатное и политропное сжатие. Изображение цикла работы компрессора в  $P-v$  координатах.
19. Многоступенчатое сжатие. Центробежные компрессоры.
20. Циклы газотурбинных установок. Анализ циклов в  $P-v$  и  $T-s$  координатах. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Цикл Отто (подвод теплоты при  $V=const$ ). Анализ цикла. Изображение цикла в  $P-v$  и  $T-s$  координатах. Индикаторная диаграмма.
21. Циклы реактивных двигателей. Бескомпрессорный, воздушный; турбовинтовой; жидкостный ракетный.
22. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Цикл Отто (подвод теплоты при  $V=const$ ). Анализ цикла. Изображение цикла в  $P-v$  и  $T-s$  координатах. Индикаторная диаграмма.
23. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Цикл Дизеля (подвод теплоты при  $P=const$ ). Анализ цикла. Изображение цикла в  $P-v$  и  $T-s$  координатах. Индикаторная диаграмма.
24. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Цикл Тринклера (смешанный цикл). Анализ цикла. Изображение цикла в  $P-v$  и  $T-s$  – координатах.
25. Бинарные циклы тепловых машин. Парогазовые установки.
26. Прямое преобразование тепловой энергии. МГД генераторы
27. Холодильные установки. Холодильные агенты и их свойства. Обратный цикл Карно. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность холодильной машины.
- 28.. Схемы и циклы парокompрессионных холодильных машин.
29. Абсорбционные и эжекторные холодильные машины.
30. Тепловые насосы. Отопительный коэффициент.

### Примеры тестовых заданий для рубежного контроля

#### Рубежный контроль №1. (3 семестр)

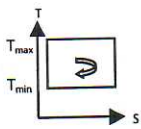
#### Тестовое задание №1.

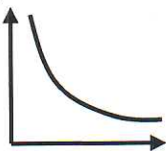
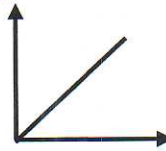
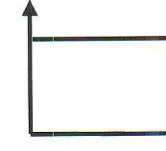
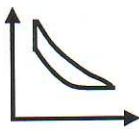
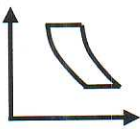
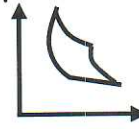
1. Что такое удельный объем? ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. объем, занимаемый 5 кг вещества</li> <li>2. объем, занимаемый 1 кг вещества</li> <li>3. объем, занимаемый 2 к молам вещества</li> </ol>
2. Какова величина универсальной газовой постоянной?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>8,314 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}</math></li> <li>2. <math>5,42 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}</math></li> <li>3. <math>3,14 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}</math></li> </ol>

3. Какие допущения характеризуют модель идеального газа?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. отсутствие кинетической энергии молекул</li> <li>2. отсутствие размеров молекул</li> <li>3. отсутствие взаимодействия молекул</li> </ol>
4. Величина $\mu R$ в уравнении состояния идеального газа носит название:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Газовой постоянной.</li> <li>2. Универсальной газовой постоянной.</li> <li>3. Постоянной Больцмана.</li> </ol>
5. Работа расширения (сжатия) $\ell$ в изохорном процессе равна:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изменению внутренней энергии.</li> <li>2. Подведенной теплоте.</li> <li>3. Нулю.</li> </ol>
6. P-V диаграмма для адиабатного процесса имеет вид	
7. В сосуде объемом $0.75 \text{ м}^3$ находится $2.5 \text{ кг}$ углекислого газа. Найти удельный объем газа.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>3.33 \text{ кг/м}^3</math>.</li> <li>2. <math>1.875 \text{ кг} \cdot \text{м}^3</math>.</li> <li>3. <math>0.3 \text{ м}^3/\text{кг}</math>.</li> </ol>
8. Чему равно отношение $\frac{c_p}{c_v}$ - ?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Re</li> <li>2. k</li> <li>3. Pr</li> </ol>
9. Какой процесс отражает формула $P \cdot V^n = const$ ?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. накопления энергии</li> <li>2. охлаждения</li> <li>3. политропный</li> </ol>
10. Какова удельная работа газа в изотермическом процессе ?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>p \cdot \partial \cdot V</math></li> <li>2. <math>R \cdot T \cdot \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)</math></li> <li>3. <math>p \cdot V = const</math></li> </ol>

## Тестовое задание №2

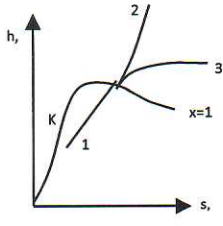
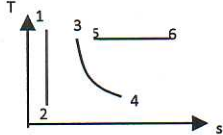
1. Какой цикл является эталонным ?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Цикл Отто</li> <li>2. Цикл Дизеля</li> <li>3. Цикл Карно</li> </ol>
2. термодинамическое тождество для обратимых процессов ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\Delta E = \Delta U + \Delta Q</math></li> <li>2. <math>\Delta Q = T \cdot \Delta L</math></li> <li>3. <math>\partial U + \partial L = T \cdot \partial S</math></li> </ol>
3. Какой формулой выражается термический КПД цикла Карно:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\eta_k = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{T_{\min}}</math>.</li> <li>2. <math>\eta_k = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{T_{\max}}</math>.</li> <li>3. <math>\eta_k = \frac{T_{\min}}{T_{\max}}</math>.</li> </ol>



4. Какую меру состояния вещества характеризует температура?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. поверхностное состояние</li> <li>2. внутреннюю энергию</li> <li>3. силу тяги</li> </ol>
5. Укажите уравнение состояния идеального газа.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>pv = \text{const}</math></li> <li>2. <math>pV = mRT</math>.</li> <li>3. <math>\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT</math></li> </ol>
6. Влажный пар находится	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В жидкостной области</li> <li>2. В газовой области</li> <li>3. В газожидкостной области</li> </ol>
7. По T-S диаграмме определить изотермический процесс	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. </li> <li>2. </li> <li>3. </li> </ol>
8. Укажите формулу связи теплоемкостей $c_v$ и $c_p$ для идеального газа (формулу Майера).	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>c_p = c_v</math>.</li> <li>2. <math>c_p - c_v = R</math>.</li> <li>3. <math>c_p / c_v = k</math></li> </ol>
9. Определить теоретический цикл Карно: в P-V координатах	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. </li> <li>2. </li> <li>3. </li> </ol>
10. Укажите аналитическое выражение второго закона термодинамики	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>ds \geq \delta q / T</math>.</li> <li>2. <math>\delta q = du + pdv</math>.</li> <li>3. <math>\delta q = dh - pdv</math>.</li> </ol>

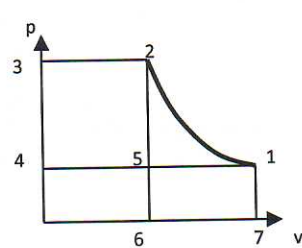
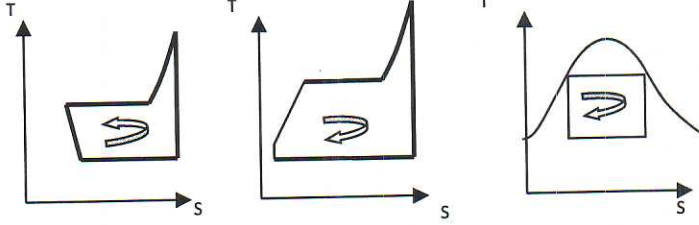
### Тестовое задание №3

1. Указать удельную объемную теплоемкость :	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>C \left[ \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right]</math></li> <li>2. <math>C' \left[ \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}} \right]</math></li> <li>3. <math>\mu C \left[ \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{Моль} \cdot n} \right]</math></li> </ol>
2. Идеальным рабочим телом термодинамической системы является ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Адиабатный газ</li> <li>2. Любое тело</li> <li>3. Идеальный газ</li> <li>4. Упругое тело</li> </ol>
3. Термодинамический процесс, происходящий при постоянном давлении называется:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Адиабатным</li> <li>2. Изохорным</li> <li>3. Изотермическим</li> <li>4. Изобарным</li> </ol>

<p>4. Процесс 1-3, показанный на h-s диаграмме:</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изохорный.</li> <li>2. Изобарный.</li> <li>3. Изотермический.</li> </ol>								
<p>5. Чему равна теплота в изобарном процессе ?</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>q = c_p(t_2 - t_1)</math></li> <li>2. <math>q = U_2 - U_1</math></li> <li>3. <math>q = 0</math></li> <li>4. <math>q = R \cdot T \cdot \ln \frac{P_1}{P_2}</math></li> </ol>								
<p>6. Укажите процесс адиабатного расширения идеального газа:</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Процесс 1-2.</li> <li>2. Процесс 3-4.</li> <li>3. Процесс 5-6.</li> </ol>								
<p>7. Какие параметры определяют состояние идеального газа ?</p>	<table border="0"> <tr> <td>1. T</td> <td>2. Re</td> </tr> <tr> <td>3. P</td> <td>4. q</td> </tr> <tr> <td>5. V</td> <td>6. I</td> </tr> <tr> <td>7. U</td> <td>8. ΔS</td> </tr> </table>	1. T	2. Re	3. P	4. q	5. V	6. I	7. U	8. ΔS
1. T	2. Re								
3. P	4. q								
5. V	6. I								
7. U	8. ΔS								
<p>8. Для какого количества газа справедливо равенство <math>\mu \cdot V \cdot P = R_0 \cdot T</math> ?</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Для одного киломоля газа</li> <li>2. Для любого количества газа</li> <li>3. Для одного кубометра газа</li> </ol>								
<p>9. Какой процесс отображает формула <math>P \cdot V^k = const</math></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изотермический</li> <li>2. Изохорный</li> <li>3. Адиабатный</li> </ol>								
<p>10. Какое равенство отражает аналитическое выражение первого начала термодинамики в изотермическом процессе ?</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\partial q = C_v \cdot \partial T</math></li> <li>2. <math>\partial q = P \cdot \partial V</math></li> <li>3. <math>\partial q = C_v \cdot \partial T + P \cdot \partial V</math></li> </ol>								

### Тестовое задание №4


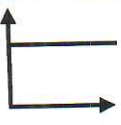

<p>1. Для какого количества газа справедливо равенство <math>PV = RT</math></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Одного киломоля газа;</li> <li>2. Одного килограмма газа;</li> <li>3. Одного кубометра газа;</li> </ol>
<p>2. Какой процесс отображает формула <math>PV = const</math></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Адиабатный;</li> <li>2. Изобарный;</li> <li>3. Изотермический;</li> </ol>

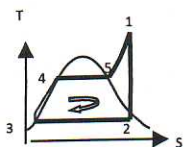
<p>3. Указать формулы для определения удельной теплоты <math>q</math> и удельной работы <math>\ell</math> для изохорного процесса идеального газа.</p>	<p>1. <math>q = 0, \ell = \frac{R}{k-1}(T_1 - T_2)</math>. 2. <math>q = RT \cdot \ln(p_1/p_2), \ell = q</math>. 3. <math>q = c_v \cdot (T_2 - T_1), \ell = 0</math>.</p>
<p>4. Укажите уравнение изохорного процесса идеального газа .</p>	<p>1. <math>p/T = \text{const}</math> 2. <math>pV = \text{const}</math>. 3. <math>pV^k = \text{const}</math></p>
<p>5. Какой цикл отображает работу паротурбинной установки?</p>	<p>1. Цикл Карно; 2. Цикл Дизеля; 3. Цикл Ренкина;</p>
<p>6. Как называется машина для отвода теплоты?</p>	<p>1. Дизель; 2. Газовая турбина; 3. Холодильник.</p>
<p>7. Процесс 1-2 – процесс сжатия газа в компрессоре. Укажите площадь, соответствующую технической работе сжатия</p> 	<p>1. Площадь 1-2-5-1 2. Площадь 1-2-3-4-1 3. Площадь 1-2-6-7-1.</p>
<p>8. Какое топливо называется моторным?</p>	<p>1. Бензин; 2. Мазут; 3. Уголь.</p>
<p>9. На рисунках укажите цикл Ренкина (цикл паротурбинной установки).</p>	 <p>1. 2. 3.</p>
<p>10. Для каких рабочих тел значения теплоемкостей <math>c_p</math> и <math>c_v</math> очень мало отличаются друг от друга.</p>	<p>1. Для газов. 2. Для жидкостей. 3. Для твердых тел.</p>



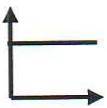
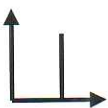
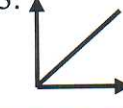
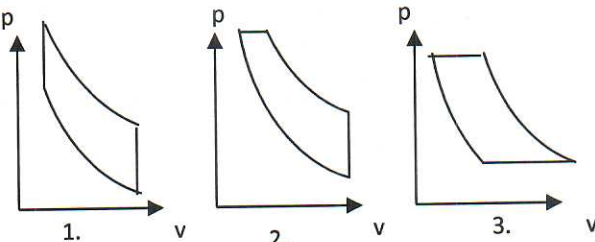
## Рубежный контроль №2 (3 семестр)

### Тестовое задание №1.


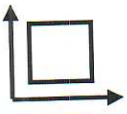

1. Укажите PV диаграмму изобарного процесса	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">1. </div> <div style="text-align: center;">2. </div> <div style="text-align: center;">3. </div> </div>
2 Детандер – устройство для ..... и подачи его потребителю	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. расширения газа</li> <li>2. сжатия газа</li> <li>3. охлаждения газа</li> </ol>
3. Прямой цикл Карно состоит из.....	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. четырех изотерм</li> <li>2. двух изотерм и изобар</li> <li>3. двух изотерм и двух адиабат</li> </ol>
4. Единица измерения универсальной газовой постоянной.....	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">1. <math>\frac{Дж}{кг \cdot К}</math></div> <div style="text-align: center;">2. <math>\frac{Вт}{м \cdot К}</math></div> <div style="text-align: center;">3. <math>\frac{Дж}{м^3 \cdot К}</math></div> <div style="text-align: center;">4. <math>\frac{кДж}{кмоль \cdot К}</math></div> <div style="text-align: center;">5. <math>\frac{Вт}{м^2 \cdot К}</math></div> <div style="text-align: center;">6. <math>\frac{Вт}{кг \cdot ^\circ С}</math></div> </div>
5. От каких термодинамических параметров зависит КПД холодильной машины	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. от давления газа</li> <li>2. от внутренней энергии</li> <li>3. от температуры</li> </ol>
6. При каких условиях тепловой двигатель делает полезную работу?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. когда работа расширения больше работы сжатия</li> <li>2. когда работа расширения равна работе сжатия</li> <li>3. когда работа расширения меньше работы сжатия</li> </ol>
7. В круговом процессе количество отведенной теплоты равно 80 кДж/кг. При этом получена работа, равная 120 кДж/кг. Определить термический КПД цикла.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\eta_t = 0,6</math></li> <li>2. <math>\eta_t = 0,78</math></li> <li>3. <math>\eta_t = 0,72</math></li> </ol>
8. Какая формула определяет измерения энтропии идеального газа	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\Delta E = \Delta U + \Delta Q</math></li> <li>2. <math>\partial q = \partial U + p \cdot \partial V</math></li> <li>3. <math>\Delta S = \frac{\partial q}{T}</math></li> </ol>
9. Как вычисляется термический КПД тепловой машины?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\eta_t = \frac{q_2 - q_1}{T}</math></li> <li>2. <math>\eta_t = \frac{\partial q}{\partial T}</math></li> <li>3. <math>\eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1}</math></li> </ol>
10 Укажите процесс расширения пара в турбине.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Процесс 1-2.</li> <li>2. Процесс 2-3.</li> <li>3. Процесс 5-1.</li> </ol>



## Тестовое задание №2.

<p>1. Какая термодинамическая система считается замкнутой ?</p>	<p>1. Система, у которой не возможен теплообмен с окружающей средой                  2. Система у которой отсутствует энергообмен с окружающей средой в форме работы                  3. Система, которая не обменивается теплом с окружающей средой.</p>
<p>2. Объясните физический смысл газовой постоянной в уравнении <math>PV=RT</math>?</p>	<p>1 Работа газа в процессе при <math>P=\text{const}</math>;                  2 Работа газа в процессе при <math>V=\text{const}</math>                  3. Работа газа в процессе при <math>T=\text{const}</math>;</p>
<p>3. Явление конвекции наблюдается в...</p>	<p>1. Металлах;                  2. Твёрдых телах и жидкостях;                  3. Жидкостях и газах;</p>
<p>4. Термодинамический процесс, происходящий при постоянном объёме называется...</p>	<p>1. Изотермическим;                  2. Адиабатным;                  3. Изохорным;</p>
<p>5. Эффективность работы тепловых машин характеризует...</p>	<p>1. Холодильный коэффициент;                  2. Отопительный коэффициент;                  3. КПД тепловых машин;</p>
<p>6. Точка росы лежит...</p>	<p>1. На линии сухого насыщенного пара;                  2. На линии водяного насыщенного пара;                  3. На линии кипящей жидкости;                  4. В области нагретой жидкости;</p>
<p>7. <math>PV</math> диаграмма для изохорного процесса...</p>	<p>1.  2.  3. </p>
<p>8. Конденсатором в паросиловой установке называется устройство для...</p>	<p>1. Получения теплоты;                  2. Перевода пара в жидкость;                  3. Получения электрической энергии;</p>
<p>9. Укажите цикл двигателя внутреннего сгорания с подводом теплоты при <math>p=\text{const}</math> (цикл Дизеля).</p>	<p></p>
<p>10. Какая формула отображает второе начало термодинамики?</p>	<p>1 <math>Q_1=Q_2 +Q_3</math>                  2. <math>Q_1=L+Q_2</math>                  3. <math>Q_1=\Delta PS \cdot L</math></p>

### Тестовое задание №3.

1. Какие физические тела используются в тепловых машинах в качестве рабочих тел?	1. Твёрдые тела; 2. Газы; 3. Смеси твёрдых тел и жидкостей.
2. Давление газа это мера...	1. Силового воздействия на окружающую среду рабочего тела 2. Внутреннего движения газа; 3. Изменения размеров газа.
3. Для какого количества газа справедливо равенство $PV=mRT$	1. Одной тонны газа; 2. $m$ килограммов газа; 3. $ms$ кубометров газа.
4. Какую теплоёмкость показывает размерность $\left[ \frac{Дж}{м^3 K} \right]$ ?	1. Массовую; 2. Объёмную; 3. Молярную.
5. Какой процесс описывает уравнение $\frac{R}{V} = \frac{P}{T}$ ?	1. Изотермический ; 2. Изобарный; 3. Изохорный.
6. В каком процессе теплота равна разности энтальпий $q=h_2-h_1$ ?	1. Изохорном; 2. Изобарном; 3. Адиабатном; 4. Изотермическом.
7. Компрессор – это устройство для	1. Расширения газа 2. Смешивания газов 3. Сжатия газа
8. Какие параметры характеризуют состояние рабочего тела в термодинамике?	1. $T, P, v$ (температура, давление, удельный объём) 2. $T, I, V$ (температура, ток, напряжение)
9. По T-S диаграмме определить цикл Карно.	1.  2.  3. 
10. Какую меру состояния вещества характеризует температура?	1. поверхностное состояние 2. внутреннюю энергию 3. силу тяги

### Тестовое задание №4

<p>1. В закрытом сосуде 1 кг воздуха нагрели от <math>t_1 = 20^\circ\text{C}</math> до <math>t_2 = 120^\circ\text{C}</math>. Определить количество подведенной теплоты при <math>c_v = 717,5 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})</math>; <math>c_p = 1004,5 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})</math>.</p>	<p>1. <math>q = 100,45 \text{ кДж}/\text{кг}</math>                  2. <math>q = 71,75 \text{ кДж}/\text{кг}</math>.                  3. <math>q = 120,85 \text{ кДж}/\text{кг}</math>                  4. <math>q = 80,35 \text{ кДж}/\text{кг}</math></p>
<p>2. Какой процесс изображает PV диаграмма?</p>	<p>1. изменения теплоты                  2. совершаемой работы                  3. никакой</p>
<p>3. Чему равна теплоемкость в адиабатном процессе?</p>	<p>1. <math>C = \infty</math>      2. <math>C &gt; 0</math>      3. <math>C = 0</math>                  4. <math>C = k</math>      5. <math>C = n</math>      6. <math>C &lt; 0</math></p>
<p>4. Что можно определить по энтропийно-энтальпийной <math>h - S</math> диаграмме?</p>	<p>1. параметры состояния водяного пара                  2. энергию углеводородного топлива                  3. энергию углекислого газа</p>
<p>5. Сублимация – это:</p>	<p>1. Переход вещества из жидкого состояния в газообразное.                  2. Переход вещества из газообразного состояния в жидкое.                  3. Переход вещества из твердого состояния в газообразное.</p>
<p>6. В чем заключается полезная работа двигателя внутреннего сгорания?</p>	<p>1. в перемещении поршня                  2. в нагреве цилиндра                  3. в повышении давления</p>
<p>7. Как определяется работа цикла Ренкина, если: <math>h_1</math> – энтальпия пара перед турбиной, <math>h_2</math> – энтальпия пара за турбиной, <math>h'_2</math> энтальпия кипящей жидкости при давлении <math>p_2</math>?</p>	<p>1. <math>q = h_1 - h_2</math>                  2. <math>q = h_1 - h'_2</math>.                  3. <math>q = h_2 - h'_2</math></p>
<p>8. Укажите формулы для определения удельной теплоты <math>q</math> и удельной работы <math>\ell</math> для изобарного процесса идеального газа.</p>	<p>1. <math>q = c_v(T_2 - T_1)</math>, <math>\ell = 0</math>.                  2. <math>q = c_p(T_2 - T_1)</math>, <math>\ell = R(T_2 - T_1)</math>.                  3. <math>q = R \cdot \ln(p_1/p_2)</math>, <math>\ell = q</math>.</p>
<p>9. Какой показатель характеризует работу компрессора?</p>	<p>1. степень сжатия                  2. степень предварительного расширения                  3. степень повышения давления</p>
<p>10. В каких единицах измеряют паропроизводительность паровой машины?</p>	<p>1. кг/ч      2. <math>\text{м}^2/\text{с}</math>      3. м/с</p>

#### **6.4. Фонд оценочных средств**

Полный банк заданий для текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приводятся в учебно-методическом комплексе дисциплины.

### **6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

#### **7.1. Основная учебная литература**

1. Теоретические основы теплотехники [Электронный ресурс]: Учеб. пособие для вузов / В.И. Ляшков. - М.: Абрис, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/> - Доступ из ЭБС «Консультант студента»

#### **7.2. Дополнительная учебная литература**

1. Основы технической термодинамики/Овчинников Ю.В. - Новосибир.: НГТУ, 2010. - 292 с.: Доступ из ЭБС «znanium.com»
2. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена: Учебное пособие / В.А. Барилевич, Ю.А. Смирнов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 432 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). Доступ из ЭБС «znanium.com» .

### **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

1. Определение теплоемкости воздуха (изобарной, изохорной), показателя адиабаты, энтальпии и внутренней энергии [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы №2 по курсу технической термодинамики и теплопередачи (теплотехники) для студентов специальностей 100400, 170600, 330100, 150100 / Министерство образования и науки Российской Федерации, Курганский государственный университет, Кафедра энергетики и технологии металлов ; [сост.: Боченин В.И., Ивашко А.Г., Попов Г.А.]. - Электрон. текстовые дан. (тип файла: pdf ; размер: 353 Kb). - Курган: Издательство Курганского государственного университета, 2003. - 10 с. Доступ из ЭБС КГУ.
2. Определение показателя адиабаты по измерению скорости звука в воздухе [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторной работы №3 по курсам теплотехники, термодинамики и теплопередачи для студентов специальностей 190201, 190202, 190601, 190603, 190702, 150202, 151002, 280100, 200503 / Министерство образования и науки Российской Федерации, Курганский государственный университет, Кафедра энергетики и технологии металлов ; [сост.: Боченин В.И., Ивашко А.Г., Попов Г.А.]. - Электрон. текстовые дан. (тип файла: pdf ; размер: 211 Kb). - Курган: Издательство Курганского государственного университета, 2010. - 13 с. Доступ из ЭБС КГУ.

3. Теплотехника [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Теплотехника» для бакалавров направления 190600.62 (23.03.03) / Министерство образования и науки Российской Федерации [и др.]; [сост.: В. А. Савельев]. - Электрон. текстовые дан. (тип файла: pdf; размер: 819 Kb). - Курган: Издательство Курганского государственного университета, 2015. - 24, Доступ из ЭБС КГУ.

#### **9. РЕСУРСЫ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. dist.kgsu.ru - Система поддержки учебного процесса КГУ;
2. www.mylect.ru - Лекции онлайн по дисциплине Техническая термодинамика.

#### **10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

При чтении лекций используются слайдовые презентации.

Минимальные требования к операционной системе и программному обеспечению компьютера, используемого при показе слайдовых презентаций: WindowsXP, FoxitReaderPro версия 1.3.

#### **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Компьютерный класс Г-204, лаборатории, теплотехники, энергосбережения, мультимедийное оборудование (переносной персональный компьютер, мультимедийный проектор, мультимедийный экран).

Аннотация к рабочей программе дисциплины

**«Техническая термодинамика»**  
образовательной программы высшего образования –  
программы бакалавриата  
13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника  
Направленность  
Энергообеспечение предприятий  
13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника  
Направленность  
Электроснабжение

Трудоемкость дисциплины: 4 з.е. (144 академических часа)  
3 Семестр (очная форма обучения)  
4 Семестр (заочная форма обучения)

Форма промежуточной аттестации: Экзамен.

Содержание дисциплины

Получение тепловой энергии связано с преобразованием энергии других видов: электрической, химической, гидравлической, пневматической. Использование этих видов энергии возможно только при знании законов технической термодинамики, преобразования тепловой энергии. Дисциплина «Техническая термодинамика» знакомит студентов – теплоэнергетиков и электроэнергетиков с фундаментальными законами осуществления тепловых процессов, технологиями получения и преобразования тепловой энергии, оборудованием, машинами и аппаратами, обеспечивающими снабжение тепловой энергией и превращением её в полезную работу.