Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Крылова Людмила Вячеславовна
Должность: Проректор по учебно-методической работе
Дата подписания: 28.10.2026 07:52:25
Уникальный программный ключ:
b066544bae1e449cd8bfce392f7224a676a271b2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭКОНОМИКИ И ТОРГОВЛИ ИМЕНИ МИХАИЛА ТУГАН-БАРАНОВСКОГО»

Кафедра холодильной и торговой техники имени Осокина В.В.

УТВЕРЖДАЮ

КАФЕДРА ХОЛОДИЛЬНОЙ И ТОРГОВОЙ ТЕХНИКИ ИМЕНИ ОСОКИНА В.В.

Заведующий кафедрой

_____ Ржесик К.А.

«09» февраля 2026 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

Б1.О.22 ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

(наименование дисциплины, практики)

Направление подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение - 38.03.01 Экономика

Образовательная программа высшего образования – программа бакалавриата

Профиль – Инженерная экономика

Разработчик:

Профессор, д-р техн.наук _____ Карнаух В.В.

ОМ рассмотрены и утверждены на заседании кафедры от «09» 02 2026 г., протокол № 24

Донецк 2026 г.

1. Паспорт

оценочных материалов по дисциплине
«Техническая термодинамика»

Перечень компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины:

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (модуля)	Этапы формирования (семестр изучения)
1	2	3	4	5
1.	ОПК-4	Способен применять в расчетах теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах и установках	Тема 1. Идеальный газ: параметры состояния, законы. Термодинамические системы.	2
			Тема 2. Газовые смеси.	2
			Тема 3.Теплоемкость идеальных газов и их смесей.	2
			Тема 4. Первый закон термодинамики.	2
			Тема 5.Второй закон термодинамики.	2
			Тема 6.Дифференциальные уравнения термодинамики.	2
			Тема 7. Анализ термодинамических процессов	2
			Тема 8.Реальные газы.	2
			Тема 9. Термодинамические процессы реальных газов и водяного пара.	2
			Тема 10. Уравнение первого закона термодинамики для потока.	2
			Тема 11. Влажный воздух.	2
			Тема 12. Классификация тепловых машин.	2
			Тема 13. Идеальный и реальный циклы теплосиловых установок.	2
			Тема 14.Циклы газотурбинных установок	2
			Тема 15.Циклы паросиловых установок.	2

			Тема 16. Циклы холодильных машин.	2
			Тема 17. Циклы тепловых насосов.	2
			Тема 18. Эксергия - мера качества энергоресурсов.	2

2. Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Таблица 2.1 – Показатели оценивания компетенций

№ п/п	Код контроли-руемой компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Контролируемые разделы (темы) дисциплины, практики	Наимено-вание оценочных средств
1	ОПК-4	ОПК-4.1 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики.	Тема 1. Идеальный газ: параметры состояния, законы. Термодинамические системы.	опрос, задачи
			Тема 2. Газовые смеси.	опрос, задачи
			Тема 3.Теплоемкость идеальных газов и их смесей.	опрос, задачи
			Тема 4. Первый закон термодинамики.	опрос
			Тема 5. Второй закон термодинамики.	опрос, тесты, задачи
		ОПК-4.2 Выполняет расчеты основных показателей термодинамических циклов и проводит анализ их эффективности.	Тема 6. Дифференциальные уравнения термодинамики.	опрос
			Тема 7. Анализ термодинамических процессов	опрос, тесты,
			Тема 8. Реальные газы.	опрос, задачи
		ОПК-4.3 Демонстрирует понимание основных законов движения жидкости и газа.	Тема 9. Термодинамические процессы реальных газов и водяного пара.	опрос, задачи, контрольная работа
			Тема 13. Идеальный и реальный циклы теплосиловых установок.	опрос, задачи
			Тема 14.Циклы	опрос, задачи

			газотурбинных установок	
			Тема 15.Циклы паросиловых установок.	опрос, задачи, курсовой проект
		ОПК-4.4 Определяет параметры потоков рабочих сред. ОПК-4.5 Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы. ОПК-4.6 Проводит исследования и расчет процессов тепломассообмена в соответствии с заданной методикой.	Тема 16. Циклы холодильных машин.	опрос, задачи
			Тема 17. Циклы тепловых насосов.	опрос, задачи
			Тема 10. Уравнение первого закона термодинамики для потока.	опрос, задачи
			Тема 11. Влажный воздух.	опрос, задачи, тесты
			Тема 12. Классификация тепловых машин.	опрос, тесты, реферат
			Тема 18. Эксергия - мера качества энергоресурсов.	опрос, тесты

Таблица 2.2 – Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «**Опрос**»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерии оценивания
2	ответ дан на высоком уровне (обучающийся в полной мере ответил на поставленный вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
1	ответ дан на среднем уровне (обучающийся в целом ответил на поставленный вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
0	ответ дан на низком уровне (обучающийся допустил существенные неточности, с ошибками, и т.п.); на неудовлетворительном уровне или не дан вовсе (обучающийся не готов, затрудняется ответить и т.п.)

Таблица 2.3 – Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «**Тесты**»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
8-10	ответы на тестовые задания показали высокий уровень знаний (правильные ответы даны на 90-100 % вопросов/задач)
5-7	ответы на тестовые задания показали средний уровень знаний (правильные ответы даны на 75-89 % вопросов/задач)
1-4	ответы на тестовые задания показали низкий уровень знаний (правильные ответы даны на 60-74 % вопросов/задач)

0	ответы на тестовые задания показали неудовлетворительный уровень знаний (правильные ответы даны менее чем 60 %)

Таблица 2.4 – Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «**Реферат**»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
8-10	реферат выполнен на высоком уровне (учебно-исследовательская тема раскрыта на 85-100 %)
5-7	реферат выполнен на среднем уровне (учебно-исследовательская тема раскрыта на 84-70 %)
1-4	реферат выполнен на низком уровне (правильные ответы даны на 69-50 % вопросов/задач)
0	реферат выполнен на неудовлетворительном уровне (учебно-исследовательская тема раскрыта ниже 50 %)

Таблица 2.5 – Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «**Задачи**»

Шкала оценивания	Критерий оценивания
2	решение задачи представлено на высоком уровне (обучающийся верно и в полной мере ответил на поставленные вопросы, аргументированно пояснил свое решение, привел профильные термины и дал им определения, и т.п.)
1	решение задачи представлено на среднем уровне (обучающийся в целом верно ответил на поставленные вопросы, допустив некоторые неточности, и т.п.)
0	решение задачи представлено на низком уровне (обучающийся допустил существенные неточности, ошибки, которые повлияли на результат и т.п.); на неудовлетворительном уровне (обучающийся неверно решил задачу); или не решил вовсе

Таблица 2.6 – Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «**Контрольная работа**»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерии оценивания
5	Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные решения получены для 90-100% задач)
3-4	Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные решения получены для 75-89% задач)
1-2	Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные решения получены для 60-74% задач)
0	Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные решения получены для менее, чем 60% задач)

3. Перечень оценочных материалов

№ п/п	Наименование оценочного материала	Краткая характеристика оценочного материала	Представление оценочного материала
1.	Опрос	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой учебной дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по учебной дисциплине или определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам учебной дисциплины
2.	Тесты	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
3.	Задачи	Средство проверки, позволяющее оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей	Комплект задач
4.	Реферат	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.	Темы рефератов
5.	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме, разделу или учебной дисциплине.	Комплект контрольных заданий по вариантам
6.	Курсовой проект	Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном по рядке или группой обучающихся.	Темы групповых и/или индивидуальных проектов

Перечень вопросов для опроса:

1.Основные понятия и исходные положения технической термодинамики.

2.Термические параметры состояния рабочих тел. Единицы измерения. Уравнение состояния идеальных газов.

3.Калорические параметры состояния рабочих тел. Единицы измерения.

4.Газовые смеси. Законы газовых смесей. Молекулярная масса газовой смеси. Уравнение состояния для газовой смеси и компонентов.

5.Теплоемкость идеальных газов. Виды теплоемкостей. Связь между ними. Расчет количества тепла.

6.Зависимость теплоемкости идеальных газов от температуры. Расчет количества тепла через средние теплоемкости.

7. Формулировки и математическое выражение первого закона термодинамики.

8.Теплота и работа как функции процесса. Аналитическое выражение теплоты и работы через параметры состояния. Графическое изображение.

9.Общая схема исследования термодинамических процессов идеального газа.

10.Аналитическое исследование изохорного процесса.

11.Аналитическое исследование изобарного процесса.

12.Аналитическое исследование изотермического процесса.

13.Аналитическое исследование адиабатного процесса.

14.Аналитическое исследование политропного процесса

15.Реальные газы. Основные понятия и определения. Термодинамические диаграммы реальных газов.

16.I-s диаграмма состояния водяного пара. Определение параметров состояния водяного пара.

17.Построение процессов реальных газов и их расчет с помощью фазовых диаграмм.

18.Основные положения термодинамики потока рабочего тела (уравнение неразрывности струи, первый закон термодинамики для потока).

19.Понятие о сопловом и диффузорном течении газа или пара. Скорость истечения, секундный расход, располагаемое теплопадение при адиабатном истечении.

20.Критические параметры истечения.

21.Сопло Лаваля. Расчет процесса истечения через сопло Лаваля.

22.Расчет процесса истечения водяного пара с помощью i-s диаграмм.

23.Дросселирование газов и паров. Сущность процесса и его практическое использование. Графическое изображение процесса в тепловых диаграммах.

24.Второй закон термодинамики, его сущность и формулировки. Эффективность циклов.

25.Прямой и обратный циклы Карно. Научное значение цикла Карно.

26.Классификация тепловых машин.

27.Теоретический цикл ДВС с изохорным подводом тепла.

28.Тепловой расчет цикла ДВС с изохорным подводом тепла. Определение термического КПД.

29.Теоретический цикл ДВС с изобарным подводом тепла.

30.Тепловой расчет цикла ДВС с изобарным подводом тепла. Определение термического КПД.

31.Теоретический цикл ДВС со смешанным подводом тепла. Тепловой расчет цикла. Определение термического КПД.

32.Принципиальная схема и теоретический цикл газотурбинной установки.

33.Тепловой расчет цикла газотурбинной установки. Термический КПД.

34.Принципиальная схема паросиловой установки, работающей по циклу Ренкина. Термический КПД цикла.

35. Схема и цикл ПСУ с промежуточным перегревом.

36. Схема и цикл ПСУ с регенерацией.

37.Принципиальная схема и цикл воздушной холодильной машины. Тепловой расчет цикла. Холодильный коэффициент.

38.Принципиальная схема и цикл паровой компрессионной холодильной машины. Тепловой расчет цикла. Холодильный коэффициент.

39.Принципиальная схема и работа абсорбционной холодильной машины. Коэффициент использования теплоты.

40.Принципиальная схема и работа пароэжекторной холодильной машины. Коэффициент использования теплоты.

41. Тепловой насос: классификация и принцип действия.

42.Термодинамические характеристики, характеризующие работу ТН.

43. Термодинамические требования к рабочим веществам, применяемым в холодильных и теплонасосных установках.

Тестовые задания:

1. Реальный газ – это:

а) вещество, существующее в реальном мире;

б) газоподобное состояние вещества, которое существует в природе;

в) газоподобное тело, которое находится в состоянии близком к состоянию кипящей жидкости;

г) газ, который находится в динамическом равновесии с жидкостью.

2. Какие параметры идеального газа называются основными:

а) абсолютное давление, удельный объем и энтальпия;

б) внутренняя энергия, энтальпия и энтропия;

в) абсолютное давление, абсолютная температура и энтропия;

г) абсолютное давление, удельный объем и абсолютная температура.

3. Как определяются конечные параметры рабочего тела в изохорном процессе?

а) $P_2 = V_1 \cdot \frac{T_1}{T_2}$;

б) $P_2 = P_1 \cdot \frac{T_1}{T_2}$;

в) $T_2 = T_1 \cdot \frac{P_2}{P_1}$;

г) $T_2 = T_1 \cdot \frac{P_1}{P_2}$.

4. Закон Шарля $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} = const$ описывает…

а) изобарный процесс;
б) адиабатный процесс;
в) политропный процесс;
г) изохорный процесс.

5. Как изменяется объем рабочего тела при изохорном подведении теплоты:

а) увеличивается;
б) не изменяется;
в) уменьшается.

6. Изменение удельной внутренней энергии в процессе при v=const определяется по уравнению:

а) $\Delta u = c_v(T_2 - T_1)$;

б) $\Delta u = \int_{T_1}^{T_2} c_p dT$;

в) $\Delta u = mc_v(T_2 - T_1)$.

7. Как определяются конечные параметры рабочего тела в изобарном процессе?

а) $V_2 = \frac{V_1 T_1}{T_2}$;

б) $V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1}$;

в) $T_2 = \frac{P_1 T_1}{P_2}$;

г) $T_2 = \frac{V_1 T_1}{P_2}$.

8. Как определяются конечные параметры рабочего тела в изотермическом процессе?

а) $P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1}$;

б) $P_2 = \frac{V_2 P_1}{V_1}$;

в) $V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2}$;

г) $V_2 = \frac{P_2 V_1}{P_1}$.

9. Какой термодинамический процесс описывает закон Бойля-Мариотта?

а) изохорный;
б) политропный;
в) адиабатный;

г) изотермический.

10. Теплота изотермического процесса определяется по формуле:

а) $q = R_i T \ln \frac{v_2}{v_1}$;

б) $q = R_i \, ln \frac{p_2}{p_1}$;

в) $q = 0$;

г) $Q = R \ln \frac{V_2}{V_1}$.

11. Изменение удельной энтальпии в изотермическом процессе определяется как:

а) $dh = c_v (T_2 - T_1) = 0$;

б) $dh = c_p (T_2 - T_1) = 0$;

в) $dh = c_n (T_2 - T_1) = 0$.

12. Теплота изобарного процесса определяется по формуле:

а) $Q = m \cdot c_v (T_2 - T_1)$;

б) $Q = c_p (T_2 - T_1)$;

в) $Q = k \cdot m \cdot c_v (T_2 - T_1)$;

г) $Q = m \cdot c_p (T_1 - T_2)$.

13. Как определяется изменение внутренней энергии газа в изобарном процессе?

а) $\Delta U = m \cdot c_p (T_1 - T_2)$;

б) $\Delta U = m \cdot c_p (T_2 - T_1)$;

в) $\Delta U = m \cdot c_v (T_1 - T_2)$;

г) $\Delta U = m \cdot c_v (T_2 - T_1)$.

14. Работа, которая выполняется рабочим телом в адиабатном процессе, определяется по формуле:

а) $l = \frac{1}{k-1} (p_1 v_1 - p_2 v_2)$;

б) $L = m \cdot c_v (T_1 - T_2)$;

в) $L = \frac{R}{k-1} (T_2 - T_1)$;

г) $L = m \cdot R (T_2 - T_1)$.

15. Работа, которая выполняется рабочим телом в изобарном процессе, определяется по формуле:

а) $l = p (v_2 - v_1)$;

б) $L = m \cdot R (T_2 - T_1)$;

в) $L = m \cdot c_p (T_2 - T_1)$;

г) $l = p (V_1 - V_2)$.

16. Как определяется изменение энтропии рабочего тела в политропном процессе?

а) $\Delta S = m \, c_v \frac{n-k}{n-1} \ln \frac{T_2}{T_1}$;

б) $\Delta s = c_n \ln \frac{T_2}{T_1}$;

в) $\Delta S = m\, c_n \ln \frac{T_1}{T_2}$;

г) $\Delta S = m c_p \ln \frac{T_2}{T_1}$.

17. Как определяется изменение энтальпии рабочего тела в политропном процессе?

а) $\Delta I = c_n (T_2 - T_1)$;

б) $\Delta I = c_p (T_2 - T_1)$;

в) $\Delta I = m\, c_n (T_2 - T_1)$;

г) $\Delta I = m\, c_p (T_2 - T_1)$.

18. Какой объем занимает каждый компонент в газовой смеси при $p_{см}$:

а) занимает весь объем;

б) занимает объем, пропорциональный его массе;

в) занимает объем, пропорциональный парциальному давлению компонента.

19. Какой вид приобретает первый закон термодинамики для произвольной массы рабочего тела:

а) $Q = \Delta U + L = (U_2 - U_1) + L$;

б) $\delta q = \Delta u + \delta l$;

в) $L = Q$;

г) $q = \Delta u + l = (u_2 - u_1) + l$.

20. Какой будет полная формулировка второго закона термодинамики, который предложил В. Освальд:

а) «Невозможно создать вечный двигатель (perpetuummobile) второго рода»;

б) «Невозможно создать вечный двигатель (perpetuummobile) первого рода»;

в) «Невозможно создать вечный двигатель (perpetuummobile) второго рода, т.е. двигатель, который совершает работу за счет внутренней энергии теплового резервуара и при этом не изменяет термодинамическое состояние окружающих тел»;

г) «Невозможно создать вечный двигатель (perpetuum mobile).

21. Энтропия –это … параметр рабочего тела.

а) основной;

б) калорический;

в) интенсивный.

22. Идеальным циклом всех тепловых машин принято считать:

а) Цикл Тринклера;

б) Цикл Отто;

в) Цикл Брайтона;

г) Цикл Карно.

23. Какое из математических описаний второго закона термодинамики для обратимых процессов является верным?

а) $\oint \frac{\delta q}{T} = \oint ds = 0$;

б) $\oint \frac{\delta q}{T} \geq \oint ds$;

в) $\oint \frac{\delta q}{T} \leq 0$.

24. По какой формуле определяется изобарно-изотермический потенциал Гиббса?

а) $F = U - TS$

б) $G = F + pV$

в) $dH = TdS + Vdp$

г) $dF \leq -SdT - pdV$.

25. Какая аналитическая взаимосвязь между основными параметрами верна для адиабатного процесса:

а) $\frac{p_1}{p_2} = (\frac{v_1}{v_2})^k$;

б) $\frac{p_1}{p_2} = \frac{v_2}{v_1}$;

в) $\frac{p_1}{p_2} = (\frac{v_2}{v_1})^k$;

г) $\frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2}$.

26. Для какой фазовой диаграммы состояния воды параметры тройной точки (т. А) приняты за начало координат?

а) фазовая диаграмма реальных газов в T-v координатах;

б) фазовая диаграмма реальных газов в p-v координатах;

в) фазовая диаграмма реальных газов в h-s координатах;

г) фазовая диаграмма реальных газов в lg p-h координатах.

27. Какие изопроцессы водяного пара могут быть проанализированы при помощи фазовых диаграмм?

а) изотермический, изохорный, изобарный, политропный;

б) изотермический, адиабатный, изобарный, политропный;

в) изотермический, изохорный, изобарный;

г) изотермический, изохорный, изобарный, адиабатный.

28. Единицей измерения тепловой мощности *N* является:

а) кДж;

б) кДж/кг;

в) кВт;

г) кг/с.

29. Какая формулировка первого закона термодинамики для потока является более верной

а) Теплота, подводимая к рабочему телу извне, расходуется на повышение энтальпии и выполнение технической работы;

б) Теплота, подводимая к рабочему телу извне, расходуется на повышение энтальпии и кинетической энергии, и выполнение технической работы;

в) Теплота, подводимая к рабочему телу извне, расходуется на повышение энтальпии и кинетической энергии;

г) Теплота, подводимая к рабочему телу извне, расходуется на повышение энтальпии и кинетической энергии, и выполнение работы трения.

30. Какие тепловые машины работают по прямому циклу Карно?

а) двигатели внутреннего сгорания, паросиловые и газотурбинные установки;

б) холодильные машины;

в) только паросиловые и газотурбинные установки;

г) тепловые насосы.

31. По какой формуле определяется термический КПД идеального прямого цикла Карно?

а) $\eta_t = 1 - \dfrac{\rho^k - 1}{k\varepsilon^{k-1}(\rho - 1)}$;

б) $\eta_\tau = 1 - \dfrac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}} \cdot \dfrac{\lambda\rho^\kappa - 1}{(\lambda - 1) + \kappa\lambda(\rho - 1)}$;

в) $\eta_\tau = 1 - \dfrac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}}$;

г) $\eta_\tau = 1 - \dfrac{T_2}{T_1}$.

32. Какой термодинамический цикл заложен в основу работы всех карбюраторных двигателей?

а) цикл со смешанным подводом теплоты (цикл Тринклера);

б) цикл с изохорным подводом теплоты (цикл Отто);

в) обратный цикл С.Карно;

г) реальный цикл Брайтона.

33. Диаграмма, построенная в T-s –координатах - это …

а) рабочая диаграмма;

б) тепловая диаграмма;

в) Декартовая диаграмма.

г) диаграмма Вукаловича.

34. Уравнение для определения количества теплоты Q с учетом массы вещества, записывается как:

а) $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$;

б) $q = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1)$;

в) $Q = c \cdot (T_2 - T_1)$;

г) нет правильного ответа.

35. Удельная мольная теплоемкость– это количество теплоты, которое нужно подвести к 1 кмолю вещества, чтобы нагреть его на …

а) 10 °С;
б) 10 К;
в) 1°С или 1К;
г) 100 К.

36. Что является рабочим телом газотурбинных установок?

а) топливно – воздушная смесь;
б) холодильный агент;
в) сжатый воздух;
г) водяной пар.

37. Какой термодинамический процесс происходит в турбине паросиловой установки?

а) дросселирование;
б) изобарно-изотермическая конденсация пара;
в) изобарно-изотермическое кипение воды;
г) адиабатное расширение пара.

38. При каком постоянном параметре происходит процесс в испарителях холодильных и теплонасосных установок?

а) $t = const$;
б) $\Delta h = const$;
в) $\Delta s = const$;
г) $V = const$.

39. Какой параметр характеризует эффективность обратного термодинамического цикла?

а) тепловой КПД $\eta_\tau = \frac{l_{полезн}}{q_{затр}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$;

б) коэффициент работы $\varphi = \frac{l_t}{l_m} = \frac{l_m - l_к}{l_m} = 1 - \frac{l_k}{l_m}$;

в) коэффициент производительности $COP = \frac{q_{отв}}{l_{затр}} = \frac{T_2}{(T_1 - T_2)}$.

40. За счет какой теплоти происходит процесс кипения в испарителе теплонасосной установки?

а) высокопотенциальной теплоты воздуха;
б) низкопотенциальной теплоты грунта (воздуха, воды);
в) теплоты продуктов сгорания.

41. Какое из определений термина «эксергия» является верным?

а) максимально возможная работа, которую может совершать система, при обратном переходе из данного состояния в состояние равновесия с окружающей средой;
б) сумма внутренней энергии вещества и потенциальной энергии давления;
в) количество теплоты, которое необходимо подвести к 1 кг газа, чтобы изменить его температуру на 1 К.

42. Согласно второму закону термодинамики, термический к.п.д. теплового двигателя определяется как:

а) $\eta_\tau = \frac{l_{полезн}}{q_{затрач}} = 1$;

б) $\eta_\tau = \frac{l_{полезн}}{q_{затрач}} \rangle 1$;

в) $\eta_\tau = \frac{l_{полезн}}{q_{затрач}} \langle 1$.

43. Согласно второму закону термодинамики, коэффициентом производительности (*COP*) холодильной машины является:

а) $COP = \frac{q_{отв}}{l_{затр}} \langle 1$;

б) $COP = \frac{q_{отв}}{l_{затр}} = 1$;

в) $COP = \frac{q_{отв}}{l_{затр}} \rangle 1$.

44. Какому состоянию водяного пара на фазовых диаграммах состояния воды и водяного пара соответствует линия x=1?

а) влажный насыщенный пар;
б) перегретый пар;
в) насыщенная жидкость;
г) сухой насыщенный пар.

45. На фазовых диаграммах состояния воды и водяного пара параметры критической точки следующие:

а) p=611 Па; t= 0,01ºC;
б) p=22,1МПа; t=374,15ºC;
в) p=22,1МПа; t=20 ºC;
г) p=611 Па; t= 20 ºC.

46 . Какому состоянию водяного пара на фазовых диаграммах состояния воды и водяного пара соответствует линия x=0?

а) влажный насыщенный пар;
б) перегретый пар;
в) насыщенная жидкость;
г) сухой насыщенный пар.

47. На фазовых диаграммах состояния воды и водяного пара параметры тройной точки следующие:

а) p=611 Па; t= 0,01ºC;
б) p=22,1МПа; t=374,15ºC;
в) p=22,1МПа; t=20 ºC;
г) p=611 Па; t= 20 ºC;

48. Фазовый переход вещества из твердой фазы в газоподобную называется:

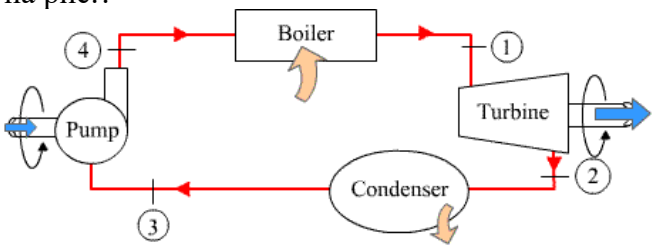
а) кристаллизацией;

б) плавлением;
в) кипением;
г) сублимацией.

49. Водяной пар можно получить путем:
а) только кипения;
б) только испарения;
в) испарения и кипения;
г) конденсации.

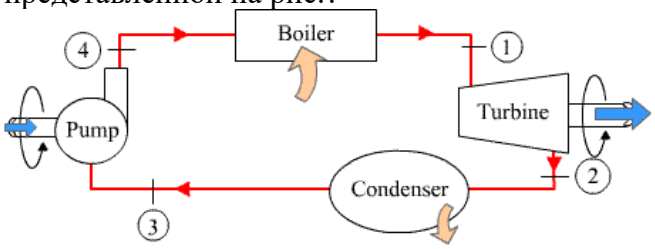
50. Сухой насыщенный пар – это…
а) смесь пара с капельками влаги, равномерно распределенными во всем объеме пара;
б) пар, температура которого выше температуры насыщения при таком же давлении, как насыщенный пар;
в) пар, который находится в динамическом равновесии с насыщенной жидкостью;
г) пар, который не содержит влагу и находится при температуре насыщения.

51. Какой термодинамический процесс происходит в турбине установки, представленной на рис.?



а) Изобарное кипение;
б) Адиабатное сжатие;
в) Изотермическое расширение;
г) Адиабатное расширение.

52. При каком постоянном параметре осуществляется процесс в испарителе установки, представленной на рис.?



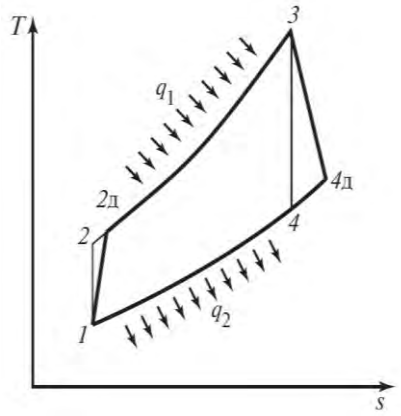
а) t =const;
б) s = const;
в) h = const;
г) c_p = const.

53. Продолжите утверждение «В обратимых циклах все процессы обратимы, поэтому адиабатные процессы сжатия в компрессоре и расширения в турбине в газотурбинной установке обратимы, т.е. осуществляются без трения, и поэтому …»
а) изоэнтропны;
б) изобарны;
в) изохорны;
г) политропны.

54. Какое вещество принимают за рабочее тело в газотурбинной установке?

а) водяной пар;
б) диоксид углерода;
в) воздух;
г) кислород.

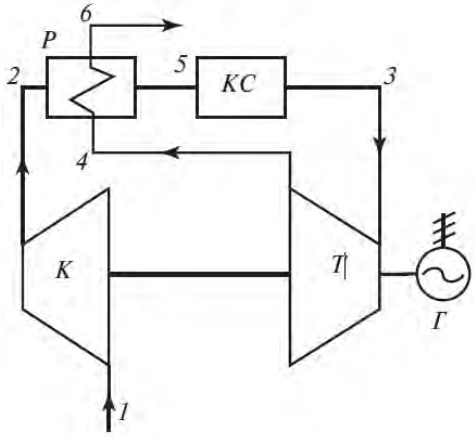
55. Цикл газотурбинной установки, представленный на рис., это…



а) цикл Отто;
б) цикл Дизеля;
в) цикл Карно;
г) цикл Брайтона.

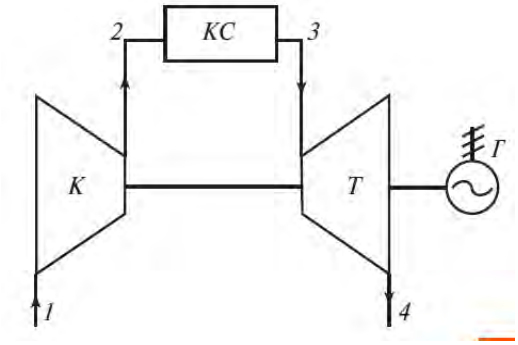
56. Какое рабочее тело покидает камеру сгорания и поступает на турбину газотурбинной установки?
а) воздух;
б) смесь продуктов сгорания и воздуха, не участвующего в процессе окисления топлива;
в) продукты сгорания;
г) водяной пар.

57. Как называется цикл газотурбинной установки, представленной на рис.?



а) цикл ГТУ с регенерацией;
б) базовый цикл ГТУ;
в) цикл ГТУ с многоступенчатым сжатием и расширением рабочего тела;
г) цикл ГТУ с перегревом.

58. Как называется цикл газотурбинной установки, представленной на рис.?



а) цикл ГТУ с регенерацией;
б) базовый цикл ГТУ;
в) цикл ГТУ с многоступенчатым сжатием и расширением рабочего тела;
г) цикл ГТУ с перегревом.

59. Идеальный газ совершает цикл Карно. Работа изотермического расширения равна 5 Дж. Определить работу изотермического сжатия, если КПД цикла 0,2.
а) 0,4;
б) 4,8;
в) 4;
г) 5,2.

60.Определить работу изотермического сжатия газа, совершающего цикл Карно, КПД которого равен 40%, а работа изотермического расширения равна 8 Дж.

а) 0,4;
б) 4,8;
в) 4;
г) 3,2.

61. Фазовый переход вещества из парообразного состояния в жидкое при постоянной температуре – это…
а) испарение;
б) конденсация;
в) десублимация;
г) кипение.

62. Процесс фазового перехода пара в твердое состояние вещества, минуя жидкую фразу, - это …
а) испарение;
б) конденсация;
в) десублимация;
г) сублимация.

63.Как называется пар, имеющий значение температуры выше значения температуры насыщенного пара при том же давлении?
а) перегретый пар;
б) влажный ненасыщенный пар;
в) сухой насыщенный пар;
г) влажный насыщенный пар.

64. Какое состояние соответствует определению «однофазная система без капелек жидкости при температуре насыщения»?

а) перегретый пар;
б) влажный насыщенный пар;
в) сухой насыщенный пар;
г) влажный ненасыщенный пар.

65. Какое качественное состояние характерно для водяного пара при степени сухости x=0,3?

а) 30% сухого насыщенного пара и 70% насыщенной жидкости;
б) 3,0% сухого насыщенного пара и 70% насыщенной жидкости;
в) 30% насыщенной жидкости и 70% сухого насыщенного пара;
г) 30% насыщенной жидкости и 70% влажного насыщенного пара.

66. Какое качественное состояние характерно для водяного пара при (1-x)=0,35?

а) 35% ненасыщенной жидкости и 65% влажного насыщенного пара;
б) 35% насыщенной жидкости и 65% влажного насыщенного пара;
в) 65% насыщенной жидкости и 35% сухого насыщенного пара;
г) 65% сухого насыщенного пара и 35% насыщенной жидкости.

67. Для какого вещества построена фазовая диаграмма с индексом «R718»?

а) углекислый газ;
б) кислород;
в) водяной пар;
г) изобутан.

68. Для какого вещества построена фазовая диаграмма с индексом «R744»?

а) углекислый газ;
б) кислород;
в) водяной пар;
г) изобутан.

69. Для какого вещества построена фазовая диаграмма с индексом «R600a»?

а) углекислый газ;
б) кислород;
в) водяной пар;
г) изобутан.

70. Для какого изопроцесса работа определяется как $l= p(v_{кон}-v_{нач})?$

а) политропного;
б) изотермического;
в) изобарного;
г) изохорного.

71. Для какого изопроцесса количество подведенной (отведенной) теплоты полностью равно изменению внутренней энергии $q= \Delta u?$
а) политропного;
б) изотермического;
в) изобарного;
г) изохорного.

72. Для какого изопроцесса характерная данная запись $q=0?$

а) политропного;
б) изотермического;
в) изобарного;
г) адиабатного.

73. Какой параметр на фазовой диаграмме Молье для воды и водяного пара имеет единицы измерения «кДж/(кгК)»?

а) давление;
б) абсолютная температура;
в) удельная энтропия;
г) удельная энтальпия.

74. Какой параметр на фазовой диаграмме Молье для воды и водяного пара имеет единицы измерения «бар»?

а) абсолютное давление;
б) абсолютная температура;
в) удельная энтропия;
г) удельная энтальпия.

75. Какой параметр на фазовой диаграмме Молье для воды и водяного пара имеет единицы измерения «кДж/кг»?

а) удельный объем;
б) абсолютная температура;
в) удельная энтропия;
г) удельная энтальпия.

76. Какое числовое значение удельного объема ($м^3$/кг) соответствует состоянию насыщенной жидкости при p=2бар? (использовать таблицы или фазовые диаграммы)
а) 0,88592;
б) 0,0010608;
в) 0,0011766;
г) 0,09953.

77. Какое числовое значение удельной энтальпии (кДж/кг) соответствует состоянию насыщенной жидкости при p=0,4 атм? (использовать таблицы или фазовые диаграммы)
а) 317,65;
б) 2636,8;
в) 604,7;
г) 2738,5.

78. Какое числовое значение удельной энтальпии (кДж/кг) соответствует состоянию сухой насыщенный пар при p=0,4 атм? (использовать таблицы или фазовые диаграммы)
а) 317,65;
б) 2636,8;
в) 604,7;
г) 2738,5.

79. Какое числовое значение удельного объема ($м^3$/кг) соответствует состоянию сухой насыщенный пар при p=0,004 МПа? (использовать таблицы или фазовые диаграммы)

а) 3,9949;
б) 0,0010265;
в)0,001004;
г) 34,803.

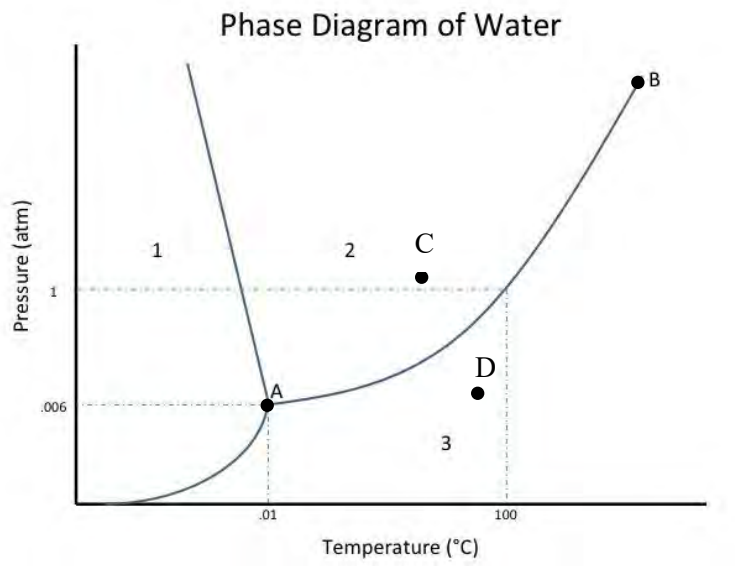
80. Какое числовое значение удельного объема ($м^3$/кг) соответствует состоянию влажного насыщенного пара при p=0,004 МПа и x=0,5? (использовать таблицы или фазовые диаграммы)
а) 17,402;
б) 34,803;
в) 0,001004;
г) 174,02.

81. Какое числовое значение удельной энтропии (кДж/кгК) соответствует состоянию влажного насыщенного пара при p=10 атм и x=0,7? (использовать таблицы или фазовые диаграммы)
а) 2,1382;
б) 6,5847;
в) 5,25075;
г) 52,5075.

82. В какой области диаграммы находится точка с параметрами p=20 кПа и x=0,95? (использовать фазовые диаграммы)
а) перегретый пар;
б) влажный насыщенный пар;
в) сухой насыщенный пар;
г) влажный ненасыщенный пар.

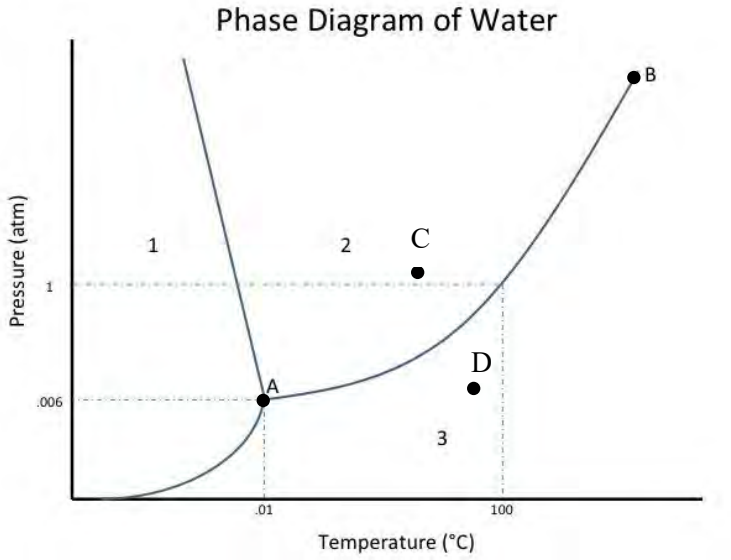
83. В какой области диаграммы находится точка с параметрами s=кДж/кгК и i=3400 кДж/кг? (использовать фазовые диаграммы)
а) перегретый пар;
б) влажный насыщенный пар;
в) сухой насыщенный пар;
г) влажный ненасыщенный пар.

84. Какая точка на диаграмме p-T соответствует состоянию критической точки?



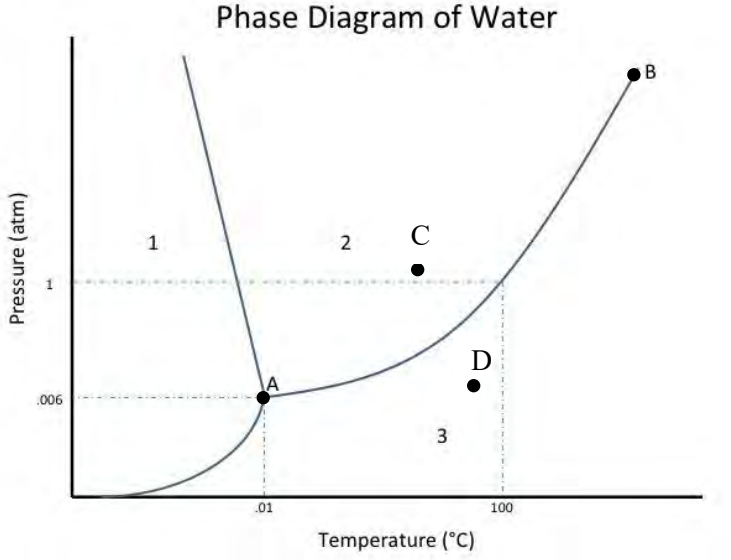
а) точка, над которой нет различий термодинамических параметров в жидкой и газообразной фазах. Соответствует т. B;
б) точка, в которой фазы твердого, жидкого и газообразного состояний сливаются. Соответствует т.A;
в) точка в области плавления. Соответствует т.C;
г) точка в области пара. Соответствует т.D.

85. Какая точка на диаграмме *p-T* соответствует состоянию тройной точки?



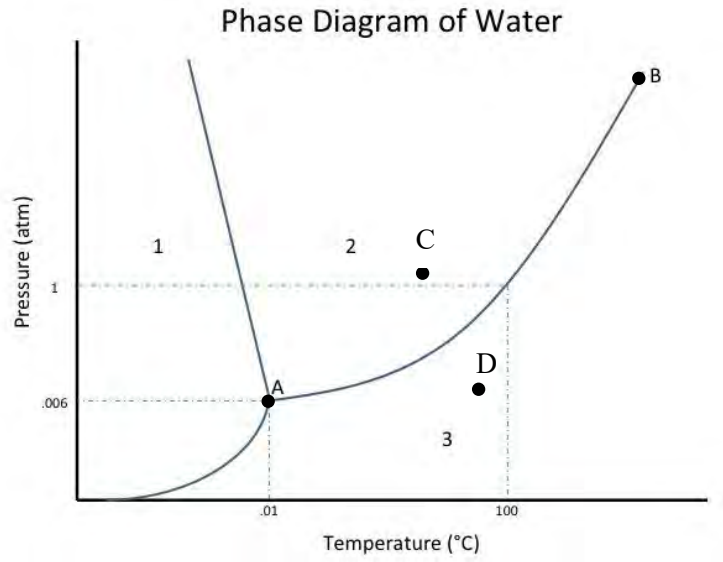
а) точка, над которой нет различий термодинамических параметров в жидкой и газообразной фазах. Соответствует т. B;
б) точка, в которой фазы твердого, жидкого и газообразного состояний сливаются. Соответствует т.A;
в) точка в области плавления. Соответствует т.C;
г) точка в области пара. Соответствует т.D.

86. Какой фазе диаграмме *p-T* соответствует состояние в области1?



а) состояние сухого пара;
б) состояние жидкости;
в) состояние перегретого пара;
г) состояние твердого тела.

87. Какой фазе диаграмме *p-T* соответствует состояние в области 3?



а) состояние сухого пара;
б) состояние жидкости;
в) состояние перегретого пара;
г) состояние твердого тела.

88. В изобарном процессе при давлении 150 кПа сжимают воздух с начального объема 0,062 м^3/кг до 0,027 м^3/кг. Определить удельную работу, выполненную над газом.
а) -4,1 кДж/кг;
б) -5,25 кДж/кг;
в) 5,25 кДж/кг;
г) 4,1 кДж/кг.

89. Какое из утверждений правильное?

а) невозможно кипятить воду при постоянном давлении;
б) процесс конденсации в идеале происходит при постоянной температуре;
в) единицей измерения удельной теплоты являются градусы по Цельсию;
г) процесс адиабатного сжатия осуществляется при неизменной энтальпии.

90. Какое значение удельной газовой постоянной R_{H2O} характерно для водяного пара?
а) 026 кДж/кгК;
б) 4,62 кДж/кгК;
в) 4,157кДж/кгК;
г) 0,462 кДж/кгК.

91. Какая формула правильно отражает уравнение неразрывности потока?

а) $\frac{v_1}{v_2} = \frac{F_1}{F_2}$;

б) $q_l = \frac{\Phi}{l}$;

в) $V = \frac{m}{\rho}$;

г) $F = \frac{\pi d^2}{4}$.

92. Для какого элемента трубы верно данное утверждение «… - это сужающаяся часть трубопровода, в которой происходит увеличение скорости потока газа, жидкости и уменьшение давления».
а) диффузор;
б) конфузор;
в) плоская труба;
г) колено.

93). В каком из указанных элементов не совершается работа газа или над газом?
а) диффузор;
б) компрессор;
в) газовая турбина;

94). Какой из указанных элементов нельзя рассматривать как адиабатную систему?
а) теплообменный аппарат;
б) открытый пруд;
в) цилиндр двигателя внутреннего сгорания;
г) паровая турбина.

95). Определите значение КПД тепловой машины, работающей по циклу Карно между двумя источниками теплоты со значениями 30 ºС и 4 ºС, соответственно ($\eta_{CARNO} = \frac{T_{выс} - T_{низк}}{T_{выс}}$).

а) 1,08;
б) 0,9%;
в) 6,5%;
г) 0,09.

96). Определите значение КПД тепловой машины, работающей по циклу Карно между двумя источниками теплоты со значениями 60 ºС и 20 ºС, соответственно ($\eta_{CARNO} = \frac{T_{выс} - T_{низк}}{T_{выс}}$).
а) 12%;
б) 0,12%;
в) 6,67%;
г) 66,7%.

97). Для какой системы справедливо данное определение «термодинамическая система, которая может обмениваться с окружающей средой теплом и энергией, но не веществом»?

а) изолированная система;

б) открытая система;
в) закрытая система;
г) адиабатная система.

98). Для какой системы справедливо данное определение «термодинамическая система, которая не может обмениваться с окружающей средой ни теплом, ни энергией, ни веществом»?

а) изолированная система;
б) открытая система;
в) закрытая система;
г) адиабатная система.

99). Для какой системы справедливо данное определение «термодинамическая система, которая обменивается с другими телами как теплом и энергией, так и веществом»?
а) изолированная система;
б) открытая система;
в) закрытая система;
г) адиабатная система.

100). Какое давление измеряет барометр?
а) абсолютное давление;
б) вакуумметрическое давление;
в) избыточное давление;
г) атмосферное давление.

Темы рефератов

1. Третий закон термодинамики. Формулировка и основное содержание.
2. Эксергия и эксергетический баланс термодинамической системы.
3. Схема и цикл работы (в *p*-*v* и *T*-*s* координатах) турбореактивного двигателя.
4. Схемы и цикл работы (в *p*-*v* и *T*-*s* координатах) воздушной холодильной машины.
5. Схема и цикл работы (*p*-*v* и *T*-*s* координатах) паровой холодильной машины.
6. Реальные циклы газотурбинных установок. Примеры внедрения.
7. Действительные циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Определение КПД двигателя.
8. Способы повышения мощности двигателей внутреннего сгорания.
9. Схема и цикл работы двигателя внешнего сгорания – двигатель Стерлинга. Область применения.
10. Схема и принцип работы установок по циклу Госвами. Область применения.
11. Схема и принцип работы установок по циклу Калины. Область применения.
12. Примеры установок, работающих по бинарным термодинамическим циклам.
13. Конструкция современных экологично безопасных двигателей. Область применения.
14. Особенности термодинамических процессов в башенных градирнях.
15. Особенности термодинамических процессов в пленочных градирнях.
16. Расчёт процессов в непрямых испарительных охладителях (НВО).
17. Расчёт процессов в прямых испарительных охладителях (ПВО).
18. Основные закономерности потока идеального газа в соплах и диффузорах.
19. Уравнения, описывающие процессы дросселирования газов и паров.
20. Требования к хладагентам и хладоносителям в среднетемпературной холодильной технике.
21. Особенности работы с фазовыми таблицами ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers*).

22. Эксергия и анергия в термодинамике.
23. Современные программные продукты для теплотехнических расчетов: функционал и достоинства применения.

Задачи:

1. Пустой баллон для аргона вместимостью 40 дм^3 имеет массу 64 кг. Определить массу баллона с аргоном, если при температуре 15°С баллон наполнить газом до давления 15 МПа. Как изменится давление аргона, если баллон внести в помещение с температурой 25°С?

2. Объемный состав газа, который горит: CO=10%; H_2=45%; CH=35%; C_2H_4=4%; CO_2=3%; N=3%. Определить молекулярную массу, удельную газовую постоянную, плотность и удельный объем смеси при НФУ.

3. Определить среднюю объемную изобарную теплоемкость азота в интервале температур от 35 ^{0}С до 170 ^{0}С.

4. Молярный объем некоторого двухатомного газа при давлении p=0,02 МПа и температуре T в три раза больше, чем при н.у. Определить эту температуру. Какой это газ, если его плотность при указанных p и T равна 0,4167 кг/м^3?

5. Масса баллона с газом m_1=2,9 кг, при этом давление в баллоне по манометру p_1=4 МПа. После израсходования части газа при неизменной температуре давление в баллоне понизилось до p_2=1,5 МПа, при этом масса баллона с газом уменьшилась до m_2=1,4 кг. Определить плотность газа при давлении 1013 гПа, если вместимость баллона 0,5 м^3.

6. Углекислый газ находится в емкости вместимостью 200 л при давлении 0,35 мПа и температуре 100 ºС. Подсчитать изменение внутренней энергии газа при увеличении его температуры до 200 ºС, если известны следующие значения средних молярных теплоемкостей углекислого газа:

$$\mu c_p \Big|_0^{100} = 38{,}118 \text{ кДж/(кмоль·К)};$$

$$\mu c_p \Big|_0^{200} = 40{,}065 \text{ кДж/(кмоль·К)}.$$

7. Азот в количестве 10 м^3 (приведенный к НФУ) заключили в герметично закрытый сосуд и нагрели до температуры t_1 = 1450 °С, давление p_1 при этом стало 3,8 МПа. После того газ охлаждали до t_2 = 47 °С. Каким стало давление после охлаждения и сколько теплоты было отведено? Считать теплоемкость не зависящей от температуры.

8. Начальные параметры водяного пара p_1=1 МПа и t_1=300°С. До какого давления нужно адиабатно расширять пар, чтобы он стал сухим насыщенным и какой при этом будет его температура?

9. Определить конечное состояние и все параметры, полученные в результате адиабатного сжатия в компрессоре влажного насыщенного водяного пара с параметрами p_1=0,005 МПа и x=0,855. Работа, затраченная при этом в компрессоре, равна 650 кДж/кг.

10. Для цикла ДВС с подводом теплоты при p-const определить полезную работу, отнесенную к 1 кг рабочего тела и термический КПД, если p_1=0,098 МПа, t_1=50°С, ε=14, ρ=1,67. Принять k=1,4.

11. В цикле воздушной холодильной машины параметры перед компрессором p_1=0,1МПа, t_1=-10ºС. Параметры перед детандером p_3=0,5 МПа, t_3=15ºС. Определить холодильный коэффициент, холодопроизводительность, отведенную теплоту от рабочего тела, работу, затраченную на осуществление цикла 1 кг воздуха.

12. Компрессор втягивает влагу воздуха, относительная влажность которого 80%, а температура 17°С, и подает в систему пневматического регулирования. Сколько водяного пара попадает в систему за 8 часов, если расход воздуха 100 м^3/час.

13. Для сушки продуктов используют воздух, начальные параметры которого t_1=30°С и φ_1=0,6. В калорифере оно подогревается до t_2=60°С и направляется в сушильную, откуда выходит, имея температуру t_3 = 30°С. Определить конечное влагосодержание воздуха, расходы воздуха и теплоты на 1 кг выпаренной влаги.

14. Определить эксергию 1 кг углекислого газа, находящегося при давлении p=1 МПа и температуре T = 600 К по отношению к окружающей среде с параметрами p_0=0,1 МПа и T_0 = 293 К.

15. Определить эксергию количества вещества воздуха 1 кмоль, находящегося при температуре окружающей среды и давлении р=10 МПа. Температура окружающей среды T_0=293 К и давление p_0=0,1 МПа.

16. Определить увеличение эксергии 1 кг воздуха, который находится в равновесии с окружающей средой, имеющей параметры p_0=0,1 МПа, T_0=293 К, если его адиабатно сжать до T = 500 К.

Контрольная работа (аудиторная):

Задача 1

Смесь идеальных газов имеет начальные параметры $\boldsymbol{p_1}$, $\boldsymbol{t_1}$, нагревается при постоянном объеме до $\boldsymbol{t_2}$, а затем охлаждается при постоянном давлении до начальной температуры $\boldsymbol{t_1}$.

Определить: объемный состав газовой смеси; конечное давление и объем смеси; работу (***L***), теплоту (***Q***) и изменение внутренней энергии (***ΔU***), энтальпии (*Δ*I) и энтропии (*Δ*S) смеси в процессах.

Изобразить процессы в ***p-v*** и ***T-s*** диаграммах.

Данные для решения задачи выбрать из таблицы 1.

Таблица 1 – Исходные данные к задаче 1

Предпоследняя цифра шифра	Масса компонентов газовой смеси, *кг*					Давление, *МПа*	Последняя цифра шифра	Температура, *°С*	
	$\boldsymbol{N_2}$	$\boldsymbol{O_2}$	$\boldsymbol{CO_2}$	$\boldsymbol{H_2O}$	$\boldsymbol{H_2}$	$\boldsymbol{p_1}$		$\boldsymbol{t_1}$	$\boldsymbol{t_2}$
0	2,5	-	1,8	0,7	0,3	1	0	400	800
1	3,0	1,0	4,0	-	0,5	2	1	100	600
2	4,2	0,8	4,0	0,5	-	3	2	300	900
3	-	1,2	2,5	0,9	1,1	4	3	100	300
4	3,7	-	3,0	0,3	1,2	8	4	200	500
5	2,8	1,1	-	0,8	3,2	6	5	200	800
6	2,9	1,4	2,7	-	3,0	7	6	100	700
7	-	2,0	5,2	3,7	1,8	5	7	200	700
8	4,0	-	3,2	2,5	2,0	4	8	400	900
9	3,5	0,9	-	0,6	4,0	3	9	100	400

Задача 2.

Водяной пар, имеет начальные параметры $\boldsymbol{p_1}$, $\boldsymbol{x_1}$, нагревается при постоянном давлении до температуры $\boldsymbol{t_2}$, затем дросселируется до давления $\boldsymbol{p_3}$. При давлении $\boldsymbol{p_3}$ пар подается в сопло Лаваля, где расширяется до давления $\boldsymbol{p_4}$. Определить: количество теплоты, подведенное к пару в процессе 1-2; изменение внутренней энергии и температуру в процессе дросселирования 2-3; конечные параметры и скорость на выходе

из сопла Лаваля; расход пара в процессе изоэнтропийного истечения 3-4, если задана площадь минимального сечения сопла f_{min}.

Изобразить процессы в ***i-s*** – диаграмме водяного пара.

Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы 2.

Таблица 2. – Исходные данные к задаче 2.

Предпоследняя цифра шифра	Давление пара, МПа p_1	Степень сухости x_1	Температура пара, °С t_2	Последняя цифра шифра	Площадь минимального сечения сопла, м^2 $f_{min}.10^4$	Давление пара, кПа p_4
0	4	0,9	310	0	10	5
1	8	0,85	350	1	15	4
2	6	0,8	330	2	20	3
3	5	0,9	420	3	45	5
4	9	0,86	360	4	30	3
5	5	0,9	310	5	35	4
6	6	0,95	440	6	25	4,5
7	3	0,87	340	7	50	5,5
8	5,5	0,9	320	8	55	5
9	5	0,85	430	9	18	3

Задача 3.

Используя ***i-s*** –диаграмму, определить начальные термические параметры и количество теплоты, необходимое для перехода ***m*** кг сухого насыщенного пара в перегретый пар с параметрами ***p***, ***t***, если этот процесс проходит при: 1) постоянной температуре; 2) постоянном объеме; 3) постоянном давлении.

Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы 3.

Таблица3 – Исходные данные к задаче 3

Предпоследняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Давление пара***p***, МПа	2,0	3,0	1,8	1,0	0,55	2,5	1,0	3,0	1,4	1,5
Температура пара***t***, °С	400	530	420	200	160	210	380	180	240	470
Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Масса пара, кг ***m***	20	15	30	45	17	22	16	23	21	25

Указание: Рекомендовано расчет выполнить в компьютерной программе «Диаграмма HS для воды и водяного пара».

Задания для выполнения курсового проекта

Курсовой проект предусматривает выполнение расчета термодинамических параметров рабочего тела, используемого в паросиловых установках, и проведение анализа цикла Ренкина двумя способами: методом к.п.д. и эксергетическим. Первый метод позволяет оценить эффективность паросиловой установки в целом с помощью системы различных коэффициентов полезного действия, второй, наиболее информативный метод, использует понятие эксергии и дает возможность оценивать

потери в отдельных элементах даже без расчета всей установки в целом.

В процессе выполнения курсового проекта студент должен: приобрести навыки расчета параметров воды и водяного пара по таблицам и фазовым диаграммам (в частности, $i - S$ диаграмме); закрепить теоретические знания по темам: второй закон термодинамики, фазовые диаграммы реальных веществ, схемы и термодинамические циклы паросиловых установок (ПСУ).

Исходные данные (приведены в таблице 4, задаются по вариантам)

- наименование тепловой машины;
- давление свежего пара перед турбиной p_1.;
- температура свежего пара T_1;
- давление в конденсаторе p_2.;
- массовый расход пара D, т/ч;
- тепловая мощность электростанции паровой установки N.

Таблица 4. Исходные данные

Вариант	p_1, МПа	t_1, °С	p_2, МПа	t_2, °С	p_3, МПа	D, т/ч	B, *кг/с*	Тепловая мощность электростанции паровой установки N, МВт
1	14	530	13,5	520	3,5	220	6,25	40
2	15	540	14,5	523	4,3	240	6,3	35
3	12	550	11,5	525	4,0	140	6,0	30
4	18	550	17,0	530	5,2	250	6,8	42
5	16	570	15,5	558	4,7	200	6,3	45
6	14	530	13,5	518	4,2	180	5,8	38
7	15	540	14,5	523	4,5	140	5,5	40
8	17	520	16,0	512	5,6	170	6,4	33
9	16	540	15,5	524	5,2	250	6,1	35
10	15	550	14,5	538	4,7	200	6,1	45
11	14	540	13,5	518	4,5	210	6,25	40
12	16	530	15,5	518	5,3	220	6,3	35
13	17	520	16,0	503	5,0	240	6,0	30
14	15	530	14,5	512	5,4	240	6,8	42
15	15	560	14,5	524	5,0	200	6,3	45
16	16	540	15,5	518	4,5	200	5,8	38
17	14	540	13,5	515	5,2	220	5,5	40
18	16	530	15,5	518	5,4	240	6,4	33
19	17	520	16,5	503	4,7	210	6,1	35
20	15	530	14,5	512	4,5	200	6,1	45
21	15	560	14,3	524	5,3	210	6,25	40
22	16	540	15,2	518	5,5	220	6,3	35
23	14	540	13,5	515	4,6	240	6,0	30
24	16	530	15,3	515	5,2	240	6,8	42
25	17	560	16,4	528	4,7	200	6,3	45

26	15	530	14,5	512	4,5	200	5,8	38
27	15	560	14,7	524	5,3	220	5,5	40
28	16	540	15,5	518	4,8	200	6,4	33
29	14	530	13,5	515	5,0	200	6,1	35
30	15	540	14,5	525	5,3	220	6,1	45

Примечание: коэффициенты полезного действия принимать следующие: $\eta_{КА}$=0,91,

$\eta_{ПП}$=0,99, $\eta_{Г}$=0,98, $\eta_{М}$=0,97, η_{oi}^{T}=0,85, η_{oi}^{H}=0,90

Методика расчета термодинамического цикла паросиловой установки (цикл Ренкина), на которой базируется выполнение курсового проекта приведена в соответствующих методических указаниях за 2024г..

Перечень вопросов к экзамену

Смысловой модуль 1. Основные понятия технической термодинамики. Законы термодинамики

1. Основные понятия и исходные положения технической термодинамики.
2. Термические параметры состояния рабочих тел. Единицы измерения. Уравнение состояния идеальных газов.
3. Калорические параметры состояния рабочих тел. Единицы измерения.
4. Газовые смеси. Законы газовых смесей. Молекулярная масса газовой смеси. Уравнение состояния для газовой смеси и компонентов.
5. Теплоемкость идеальных газов. Виды теплоемкостей. Связь между ними. Расчет количества тепла.
6. Зависимость теплоемкости идеальных газов от температуры. Расчет количества тепла через средние теплоемкости.
7. Формулировки и математическое выражение первого закона термодинамики.
8. Теплота и работа как функции процесса. Аналитическое выражение теплоты и работы через параметры состояния. Графическое изображение.
9. Общая схема исследования термодинамических процессов идеального газа.
10. Аналитическое исследование изохорного процесса.
11. Аналитическое исследование изобарного процесса.
12. Аналитическое исследование изотермического процесса.
13. Аналитическое исследование адиабатного процесса.
14. Аналитическое исследование политропного процесса
15. **Смысловой модуль 2. Термодинамика реальных рабочих тел и потока**
16. Реальные газы. Основные понятия и определения. Термодинамические диаграммы реальных газов.
17. Термодинамические свойства веществ на линии фазовых переходов.
18. *I-s* диаграмма состояния водяного пара. Определение параметров состояния.
19. Построение процессов реальных газов и их расчет с помощью фазовых диаграмм.
20. Основные положения термодинамики потока рабочего тела (уравнение неразрывности струи, первый закон термодинамики для потока).
21. Понятие о сопловом и диффузорном течении газа или пара. Скорость истечения, секундный расход, располагаемое теплопадение при адиабатном истечении.
22. Критические параметры истечения.
23. Сопло Лаваля. Расчет процесса истечения через сопло Лаваля.
24. Расчет процесса истечения водяного пара с помощью *i-s* диаграмм.
25. Дросселирование газов и паров. Эффект Джоуля-Томсона. Сущность процесса и его практическое использование.
26. Второй закон термодинамики, его сущность и формулировки. Эффективность циклов.
27. Энтропия и термодинамическая вероятность.

28. Прямой и обратный циклы Карно. Научное значение цикла Карно.
29. **Смысловой модуль 3. Основы теории циклов тепловых машин**
30. Классификация тепловых машин.
31. Теоретический цикл ДВС с изохорным подводом тепла.
32. Тепловой расчет цикла ДВС с изохорным подводом тепла. Определение КПД.
33. Теоретический цикл ДВС с изобарным подводом тепла.
34. Тепловой расчет цикла ДВС с изобарным подводом тепла. Определение КПД.
35. Теоретический цикл ДВС со смешанным подводом тепла. Тепловой расчет цикла. Определение термического КПД.
36. Принципиальная схема и теоретический цикл газотурбинной установки.
37. Тепловой расчет цикла газотурбинной установки. Термический КПД.
38. Принципиальная схема паросиловой установки, работающей по циклу Ренкина. Термический КПД цикла.
39. Схема и цикл ПСУ с промежуточным перегревом.
40. Схема и цикл ПСУ с регенерацией.
41. **Смысловой модуль 4. Обратные циклы тепловых машин. Эксергетический анализ термодинамических циклов.**
42. Принципиальная схема и цикл воздушной холодильной машины. Тепловой расчет цикла. Холодильный коэффициент.
43. Принципиальная схема и цикл паровой компрессионной холодильной машины. Тепловой расчет цикла. Холодильный коэффициент.
44. Принципиальная схема и работа абсорбционной холодильной машины. Коэффициент использования теплоты.
45. Принципиальная схема и работа пароэжекторной холодильной машины. Коэффициент использования теплоты.
46. Тепловой насос: принцип действия, термодинамический цикл без регенеративного теплообменника. Коэффициент теплотрансформации.
47. Термодинамические характеристики, характеризующие работу тепловых насосов.
48. Термодинамические требования к рабочим веществам, применяемым в холодильных и теплонасосных установках.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков

Опрос позволяет оценить знания и кругозор обучающегося, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки. Опрос как важнейшее средство развития мышления и речи обладает большими возможностями воспитательного воздействия преподавателя. Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к экзамену.

Критериями оценки устного ответа являются: полнота представленной информации, логичность выступления, наличие необходимых разъяснений и использование формул и/или определений по ходу ответа, привлечение материалов современных научных публикаций.

Для оценки знаний обучающихся используют **тестовые задания** в закрытой форме, когда испытуемому предлагается выбрать правильный ответ из нескольких возможных. Каждый тест содержит 4 варианта ответа, среди которых только один правильный. Результат зависит от общего количества правильных ответов, записанных в бланк ответов.

Реферат как продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде (до 15 стр.) полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также

собственные взгляды на нее. Раскрытие темы, предложенной в реферате, оценивается по 5-й шкале.

Письменная проверка знаний в виде решения **задач** осуществляется в аудиторной форме. Во время проверки и оценки задач проводится анализ результатов выполнения, выявляются типичные ошибки, а также причины их появления. Анализ задач проводится оперативно. При проверке задач преподаватель исправляет каждую допущенную ошибку и определяет полноту ответа, учитывая при этом четкость и последовательность изложения мыслей, наличие и достаточность пояснений, знания терминологии в предметной области. Решение задач оценивается по двухбалльной шкале.

Контрольная работа по дисциплине «Техническая термодинамика» выполняется в аудиторной форме по итогам изучения каждого смыслового модуля. Аудиторная контрольная работа предполагает решение конкретной технической задачи по вариантам.

Время решения каждой задачи ограничивается 45 минутами. Критериями оценки такой работы становятся: использование системных единиц измерения, понимание заданного условия и использования в ответе правильных формул и нужных диаграмм (при необходимости), грамотность, логическая последовательность изложения решения. Контрольная работа оценивается по пятибалльной шкале.

Курсовой проект по дисциплине «Техническая термодинамика» позволяет студентам углубить свои знания по темам «Реальные газы. Водяной пар», «Циклы тепловых машин», приобрести навыки теплотехнических расчетов по данной теме. Критериями оценки такой работы становятся: использование системных единиц измерения, понимание заданного условия и выполнение технических расчетов, используя формулы и диаграммы (при необходимости), грамотность, логическая последовательность изложения решения; последовательность изложения мыслей, наличие и достаточность пояснений, знания терминологии в предметной области. Проект оценивается по стобалльной шкале.

5. Распределение баллов, которые получают обучающиеся (для экзамена)

<table>
<tr><td colspan="17">Максимальное количество баллов за текущий контроль и самостоятельную работу</td><td colspan="3">Максимальная сумма баллов</td></tr>
<tr><td colspan="17"></td><td rowspan="3">Текущий контроль</td><td rowspan="3">Экзамен</td><td rowspan="3">Все виды учебной деятельности</td></tr>
<tr><td colspan="7">Смысловой модуль 1</td><td colspan="4">Смысловой модуль 2</td><td colspan="4">Смысловой модуль 3</td><td colspan="3">Смысловой модуль 4</td></tr>
<tr><td>Т 1</td><td>Т 2</td><td>Т 3</td><td>Т 4</td><td>Т 5</td><td>Т 6</td><td>Т 7</td><td>Т 1</td><td>Т 2</td><td>Т 3</td><td>Т 4</td><td>Т 1</td><td>Т 2</td><td>Т 3</td><td>Т 4</td><td>Т 1</td><td>Т 2</td><td>Т 3</td></tr>
<tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="7">13</td><td colspan="4">12</td><td colspan="4">10</td><td colspan="3">5</td><td>40</td><td>60</td><td>100</td></tr>
</table>

Распределение баллов, которые получают студенты по зачетному модулю II (за выполнение курсового проекта)

Пояснительная записка, балл	Графическая часть, балл	Защита проекта, балл	Максимальная сумма баллов
до 40 баллов	до 20 баллов	до 40 баллов	100

Государственная шкала оценивания академической успеваемости

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	По государственной шкале
90 - 100	5 «Отлично» / «зачтено»
75 - 89	4 «Хорошо» / «зачтено»
60 - 74	3 «Удовлетворительно» / «зачтено»
менее 60	2 «Неудовлетворительно» / «не зачтено»