

Компонент ОПОП 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
наименование ОПОП

Б1.О.20
шифр дисциплины

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Дисциплины
(модуля)

ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

Разработчик (и):
Каиров Т.В.
ФИО
ст. преподаватель
должность

Утверждено на заседании кафедры
Строительства, энергетики и транспорта
протокол № 6 от 22.05.2026

ученая степень,
звание

Заведующий кафедрой СЭиТ

подпись

Челтыбашев А.А.

ФИО

Мурманск
2026

1. Критерии и средства оценивания компетенций и индикаторов их достижения, формируемых дисциплиной (модулем)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора(ов) достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)			Оценочные средства текущего контроля	Оценочные средства промежуточной аттестации
		<i>Знать</i>	<i>Уметь</i>	<i>Владеть</i>		
ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.	ИД-1 _{ОПК-4} . Демонстрирует понимание основных законов механики жидкости и газа и применяет их для расчета элементов теплотехнических установок и систем	Основные газовые законы, законы движения жидкости и газа	применять основные теоретические зависимости для решения поставленной задачи.	методами реализации алгоритмов.	- тестовые задания; - тестовые вопросы.	Оценочные средства текущего контроля
	ИД-2 _{ОПК-4} . Демонстрирует понимание основ термодинамики, основных законов термодинамики и применяет их для расчетов	Законы газодинамики, уравнение Бернулли для жидкости.	применять известные закономерности для расчета процессов истечения в динамических машинах.	Алгоритмами и средствами расчета совместной работы на сеть компрессоров, и насосов.		

	термодинамических процессов, циклов и их показателей ИД-3_{ОПК-4}. Демонстрирует понимание основных законов теплообмена и применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем	Циклы тепловых и холодильных машин, парогазовых установок, включая атомные.	Строить и рассчитывать теплосиловые и парогазовые циклы.	Средствами повышения эффективности циклов		
ОПК-5. Способен учитывать свойства конструкционных материалов в теплотехнических расчетах с учетом динамических и тепловых нагрузок.	ИД-1_{ОПК-5}. Демонстрирует знание областей применения, свойств, характеристик конструкционных и теплоизоляционных материалов, выбирает их в соответствии с требуемыми характеристиками ИД-2_{ОПК-5}.	базовые конструкции теплотехнических машин и устройств.	применять основные законы и методы расчета прочности для решения поставленной задачи.	методами реализации алгоритмов расчетов.	- тестовые задания; - тестовые вопросы.	Оценочные средства текущего контроля

	Демонстрирует знание основных правил построения и оформления эскизов, чертежей и схем и выполняет их в соответствии с требованиями стандартов с использованием стандартных средств автоматизации проектирования.					
	ИД-3 _{ОПК-5} . Демонстрирует знание основных законов механики конструкционных материалов, используемых в теплоэнергетике и теплотехнике ИД-4 _{ОПК-5} . Выполняет расчеты на прочность элементов теплотехнических установок и	Основные правила построения и оформления эскизов и схем теплотехнического оборудования.	применять требования стандартов при построении технологических схем.	методами поиска и обмена информацией ; навыками работы с прикладным программным обеспечением.		

	систем с учетом условий их работы.					
ОПК-6. Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники	ИД-1 _{ОПК-6} Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность.	Основные теплотехнические параметры рабочих тел и средства их измерения	Рассчитывать режимы течения потоков в элементах теплотехнического оборудования.	Навыками проведения измерений с использованием средств Автоматизированного контроля и измерений.	- тестовые задания; - тестовые вопросы.	Оценочные средства текущего контроля

2. Оценка уровня сформированности компетенций (индикаторов их достижения)

Показатели оценивания компетенций (индикаторов их достижения)	Шкала и критерии оценки уровня сформированности компетенций (индикаторов их достижения)			
	Ниже порогового («неудовлетворительно»)	Пороговый («удовлетворительно»)	Продвинутый («хорошо»)	Высокий («отлично»)
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущены не грубые ошибки.	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности.	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки.
Наличие умений	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Выполнены типовые задания с не грубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объёме (отсутствуют пояснения, неполные выводы)	Продemonстрированы все основные умения. Выполнены все основные задания с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания в полном объёме, но некоторые с недочётами.	Продemonстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Задания выполнены в полном объёме без недочётов.
Наличие навыков (владение опытом)	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для выполнения стандартных заданий с некоторыми недочётами.	Продemonстрированы базовые навыки при выполнении стандартных заданий с некоторыми недочётами.	Продemonстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
Характеристика сформированности компетенции	Компетенции фактически не сформированы. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач. ИЛИ Зачетное количество баллов не набрано согласно установленному диапазону	Сформированность компетенций соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач. ИЛИ Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону	Сформированность компетенций в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков достаточно для решения стандартных профессиональных задач. ИЛИ Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону	Сформированность компетенций полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в полной мере достаточно для решения сложных, в том числе нестандартных, профессиональных задач. ИЛИ Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону

3. Критерии и шкала оценивания заданий текущего контроля

3.2 Критерии и шкала оценивания расчетно-графической работы

Перечень заданий, рекомендации по выполнению представлены в методических материалах по освоению дисциплины (модуля).

В ФОС включен типовой вариант задания.

1. Исходные данные и условия задания

Необходимо рассчитать теоретические циклы двигателей внутреннего сгорания: цикл Отто, цикл Дизеля и цикл Тринклера.

Требуется:

1. Изобразить схему заданного теоретического цикла на p - v - и T - s -диаграмме.
 2. Установить, какому виду двигателя соответствует данный теоретический цикл.
 3. Указать, какие действительные процессы, происходящие в реальном двигателе, описываются отдельными участками диаграммы теоретического цикла.
 4. Вычислить значения основных термодинамических параметров p , v , и T в характерных точках цикла.
 5. Назвать среднюю теплоемкость и показатель политропы для каждого процесса, входящего в цикл.
 6. Определить изменение внутренней энергии Δu , энтальпии Δi и энтропии Δs в каждом из процессов.
 7. Вычислить внешнюю работу газов в каждом из процессов и полезную работу цикла.
 8. Определить подведенное q_1 , отведенное q_2 и полезно использованное q_u количество теплоты, термический КПД η_t цикла.
 9. Определить термический КПД η_t
- к, который имел бы двигатель в случае осуществления в нем цикла Карно в том же температурном интервале.
- Рабочее тело условно считать обладающим свойствами воздуха.
- Процессы сжатия и расширения полагать протекающими без теплообмена с окружающей средой.

2. Расчет теоретического цикла паросиловой установки (ПСУ)

Необходимо выполнить:

1. Расчет теоретического и действительного цикла ПСУ.
2. Расчет теоретического цикла ПСУ с вторичным перегревом.
3. Графическая часть.

Графическая часть должна состоять из T - s - и i - s -диаграмм, выполненных в масштабе для теоретического цикла ПСУ с указанием действительной точки 2д, и для теоретического

цикла ПСУ со вторичным перегревом пара.

Графическая часть выполняется на листах формата А4 в соответствии с ГОСТ.

Паротурбинная установка работает по циклу Ренкина.

Необходимо:

1. Изобразить принципиальную схему ПСУ и кратко описать принцип ее действия.
1. Изобразить теоретический цикл на T - s -, i - s -диаграммах.
2. Указать, какие процессы, происходящие в паросиловой установке, описываются отдельными участками диаграммы теоретического цикла.
3. Определить _____ состояние рабочего тела и значения термодинамических параметров p , v , s , T , i в характерных точках цикла. Полученные данные свести в таблицу.
4. Определить количество теплоты, затраченное на подогрев питательной воды до

температуры кипения q' , на парообразование r , на перегрев пара qr .

5. Определить общее количество теплоты, подведенное в цикле q_1 и отведенное в конденсаторе q_2 .

6. Найти работу в турбине l_m при отсутствии в ней потерь.

7. Определить работу l_n , затраченную на адиабатное сжатие питательной воды в насосе и подачу ее в котел.

8. Вычислить полезную работу l теоретического цикла.

10. Вычислить теоретический КПД η_t цикла.

11. Определить теоретический удельный do и общий Do расходы пара установкой при полной нагрузке, условно полагая, что единственным источником потерь теплоты служит конденсатор.

12. Определить удельный q_0 и часовой G_0 расходы топлива установкой.

4. Критерии и шкала оценивания результатов освоения дисциплины (модуля) с зачетом с оценкой

Если обучающийся набрал зачетное количество баллов согласно установленному диапазону по дисциплине (модулю), то он считается аттестованным.

Оценка	Баллы	Критерии оценивания
<i>Отлично</i>	91 - 100	Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону
<i>Хорошо</i>	81 - 90	Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону
<i>Удовлетворительно</i>	61 - 80	Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону
<i>Неудовлетворительно</i>	60 и менее	Зачетное количество согласно установленному диапазону баллов не набрано

5. Задания диагностической работы для оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) в рамках внутренней и внешней независимой оценки качества образования

ФОС содержит задания для оценивания знаний, умений и навыков, демонстрирующих уровень сформированности компетенций и индикаторов их достижения в процессе освоения дисциплины (модуля).

Комплект заданий разработан таким образом, чтобы осуществить процедуру оценки каждой компетенции, формируемых дисциплиной (модулем), у обучающегося в письменной форме.

Содержание комплекта заданий включает: *тестовые задания, расчетные задачи, мини-кейсы, ситуационные задания, практико-ориентированные задания.*

Комплект заданий диагностической работы

1. Что называется термодинамической системой?

А) Любое материальное тело, изолированное от внешней среды

Б) Совокупность макроскопических тел, которые могут взаимодействовать между собой и с окружающей средой

В) Совокупность тел, которые могут обмениваться энергией и массой как между собой, так и с окружающей средой

- Г) Пространство, в котором температура постоянна
- 2. Какой параметр состояния называется интенсивным?**
- А) Параметр, зависящий от массы системы (объем, энергия)
Б) Параметр, не зависящий от массы системы (давление, температура)
 В) Параметр, который можно измерить только в равновесном состоянии
 Г) Параметр, определяющий фазовое состояние вещества
- 3. Какое уравнение является уравнением состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона)?**
- А) $pV=const$
 Б) $p_1V_1T_1 = p_2V_2T_2$
В) $pV=mRT$
 Г) $Q=\Delta U+L$
- 4. Что описывает первый закон термодинамики?**
- А) Невозможность создания вечного двигателя второго рода
Б) Закон сохранения и превращения энергии для тепловых процессов
 В) Условия протекания обратимых процессов
 Г) Распределение энергии по степеням свободы молекул
- 5. Как правильно записывается математическое выражение первого закона термодинамики для закрытой системы?**
- А) $Q=\Delta U-L$
 Б) $Q=\Delta U \cdot L$
В) $Q=\Delta U+L$
 Г) $Q=\Delta U/L$
- 6. Что такое энтропия?**
- А) Мера потенциальной энергии системы
Б) Функция состояния, характеризующая меру беспорядка или степень необратимости рассеяния энергии
 В) Количество теплоты, необходимое для нагрева 1 кг вещества на 1 К
 Г) Работа, совершаемая системой в изобарном процессе
- 7. Как изменяется внутренняя энергия идеального газа в изотермическом процессе ($T=const$)?**
- А) Увеличивается за счет подвода теплоты
 Б) Уменьшается за счет совершения работы
В) Не изменяется ($\Delta U=0$)
 Г) Изменяется по линейному закону от объема
- 8. Какой процесс называется адиабатным?**
- А) Процесс, протекающий без теплообмена с окружающей средой ($Q=0$)**
 Б) Процесс, протекающий при постоянном давлении
 В) Процесс, протекающий при постоянной температуре
 Г) Обратимый процесс, в котором энтропия возрастает
- 9. По какой формуле вычисляется работа расширения идеального газа в изобарном процессе ($p=const$)?**
- А) $L=p \cdot \Delta T$
 Б) $L = R \cdot \ln (V_2/V_1)$
В) $L = p \cdot (V_2 - V_1)$
 Г) $L=0$
- 10. Что показывает теплоёмкость газа при постоянном давлении (c_p)?**

- А) Количество энергии, необходимое для изменения температуры на 1 К при постоянном объёме
- Б) Количество теплоты, необходимое для нагрева 1 кг (или 1 моля) газа на 1 К при постоянном давлении**
- В) Работу, совершаемую газом при расширении
- Г) Отношение давления к температуре
- 11. Каким уравнением связаны c_p и c_v для идеального газа (уравнение Майера)?**
- А) $c_p + c_v = R$
- Б) $c_p - c_v = R$**
- В) $c_p/c_v = R$
- Г) $c_p \cdot c_v = R$
- 12. Что такое термический коэффициент полезного действия цикла Карно?**
- А) $\eta = 1 - \frac{Q_2}{T_1}$
- Б) $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$**
- В) $\eta = \frac{T_1}{T_2}$
- Г) $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_2}$
- 13. Какой цикл является самым эффективным для тепловой машины в заданном интервале температур?**
- А) Цикл Отто
- Б) Цикл Дизеля
- В) Цикл Карно**
- Г) Цикл Ренкина
- 14. Что такое дросселирование газа?**
- А) Сжатие газа в компрессоре без теплообмена
- Б) Процесс понижения давления при прохождении газа через местное гидравлическое сопротивление (вентиль, пористую перегородку) без совершения внешней работы**
- В) Расширение газа в турбине с отводом теплоты
- Г) Нагрев газа за счет трения
- 15. Как называется величина, равная сумме внутренней энергии системы и произведения давления на объём ($U + pV$)?**
- А) Свободная энергия Гельмгольца
- Б) Энтальпия**
- В) Термодинамический потенциал Гиббса
- Г) Эксергия

Перечень вопросов к экзамену

1. Понятия, задачи, объекты технической термодинамики. Термодинамическая система, виды термодинамических систем. Равновесное и неравновесное состояние термодинамических систем.
2. Понятие рабочего тела. Параметры состояния. Основные параметры состояния.
3. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа. Основные законы для идеального газа (Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля, Авогадро). Уравнение Менделеева-

- Клапейрона. Величины, входящие в уравнения состояния; их физический смысл.
4. Уравнения состояния реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
 5. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Работа изменения объема. Изменение внутренней энергии.
- 12
6. Теплоемкость. Виды теплоемкостей, физический смысл, единицы измерения. Уравнения Майера. Газовая постоянная, универсальная газовая постоянная.
 7. Термодинамические процессы. Уравнения состояния, первый закон термодинамики, теплоемкости, показатели политропы, графическое изображение в p - v - и T - s -диаграмме каждого из процессов. Определение теплоты, работы, внутренней энергии процессов.
 8. Второй закон термодинамики. Формулировки Клаузиуса, Томсона, Оствальда. Вечный двигатель второго рода.
 9. Понятие о циклах. Виды циклов. Термический коэффициент, холодильный коэффициент. Цикл Карно. Изображение цикла Карно в p - v - и T - s -диаграмме. Теорема Карно.
 10. Понятие об энтальпии. Энтропия. Закон возрастания энтропии.
 11. Термодинамический анализ процессов.
 12. Водяной пар. Процессы изменения состояния водяного пара. Кривая равновесия фаз.
 13. Водяной пар. Процесс парообразования в p - v -, T - s - и i - s -диаграммах.
 14. Водяной пар. Основные параметры влажного насыщенного, сухого насыщенного и перегретого пара. Степень сухости.
 15. Водяной пар. Термодинамические процессы изменения состояния водяного пара, их изображение в p - v -, T - s - и i - s -диаграммах.
 16. Термодинамика открытых систем. Уравнение неразрывности. Уравнение первого закона термодинамики для потока.
 17. Истечение жидкостей, паров и газов. Понятие о сопловом и диффузорном истечении газов.
 18. Истечение жидкостей, паров и газов. Адиабатное истечение. Скорость адиабатного истечения. Критическая скорость и критическое давление.
 19. Истечение жидкостей, паров и газов. Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах. Число Маха. Условия критического режима. Сопло Лавала.
 20. Истечение жидкостей, паров и газов. Расчет процесса истечения с помощью i - s -диаграммы.
 21. Термодинамический анализ процессов в компрессорах. Назначение, классификация, принцип действия. Вредное пространство.
 22. Термодинамический анализ процессов в компрессорах. Изотермический, адиабатный и политропный процессы сжатия. Работа сжатия в компрессорах.
 23. Термодинамический анализ процессов в компрессорах. Многоступенчатое сжатие. Степень повышения давления.
 24. Цикл ДВС с изохорным подводом теплоты. Изображение цикла в p - v - и T - S -диаграммах, характеристики цикла, работа, теплота и термический КПД.
 25. Цикл ДВС с изобарным подводом теплоты. Изображение цикла в p - v - и T - S -диаграммах, характеристики цикла, работа, теплота и термический КПД.
 26. Цикл ДВС со смешанным подводом теплоты. Изображение цикла в p - v - и T - S -диаграммах, характеристики цикла, работа, теплота и термический КПД.
 27. Сравнение циклов ДВС с различными способами подвода теплоты.
 28. Цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты. Изображение цикла в p - v - и T - S -диаграммах, характеристики цикла, работа, теплота и термический КПД. Потери энергии в реальных процессах.

29. Цикл ГТУ с изохорным подводом теплоты. Изображение цикла в $p-v$ - и $T-S$ -диаграммах, характеристики цикла, работа, теплота и термический КПД.
30. Сравнение циклов ГТУ с различными способами подвода теплоты.
31. Методы повышения КПД циклов ГТУ.
32. Цикл Карно паросиловой установки.
33. Цикл Ренкина для водяного пара. Процессы, работа, теплота и термический КПД.
34. Пути повышения экономичности цикла Ренкина.
35. Регенеративный цикл ПСУ.
36. Цикл ПСУ с промежуточным перегревом пара.
37. Теплофикационный цикл ПСУ.
38. Бинарный цикл ПСУ.
39. Циклы холодильных установок. Циклы воздушной компрессорной холодильной установки.
40. Циклы холодильных установок. Циклы паровой компрессорной холодильной установки.
41. Циклы холодильных установок. Цикл абсорбционной холодильной установки.
42. Тепловые насосы. Схема теплового насоса. Коэффициент теплоиспользования.
43. Термотрансформаторы. Принципиальная схема. Коэффициент преобразования теплоты. Расщепительный термохимический трансформатор теплоты.
44. Эксергический анализ циклов.