

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**
(ФГАОУ ВО «МГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой разработчика
 / Челтыбашев А.А. /
« 01 » 07 20 21 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ
И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

при изучении дисциплины (модуля)
Б1.О.12 Техническая термодинамика

Направление подготовки/специальность

13.03.01

код и наименование направления подготовки / специальности

Теплоэнергетика
и теплотехника

Направленность/специализация

Энергообеспечение
предприятий

наименование направленности (профиля) / специализации обра-
зовательной программы

Разработчик(и)

ст. преподаватель, Я.М. Караченцева
ФИО, должность, ученая степень, (звание)

Мурманск
2021

Фонд оценочных средств дисциплины (модуля)

1. Характеристика результатов обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции (части компетенции)	Этапы (индикаторы) освоения компетенций	Уровень освоения компетенции			
		<i>Ниже порогового</i>	<i>Пороговый</i>	<i>Продвину- тый</i>	<i>Высокий</i>
1	2	3	4	5	6
ОПК-3. Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.	ИОПК-3.3 Использует знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	Частично освоенное умение использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	В целом успешное, но не систематическое умение использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы в умении использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	Сформированное умение использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.
	ИОПК-3.4 Применяет знания основ термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей.	Фрагментарное владение методами расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	В целом успешное, но не систематическое владение методами расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владения методами расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	Успешное и систематическое владение методами расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.
	ИОПК-3.5 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений.	Фрагментарные знания об основных законах термодинамики и термодинамических соотношениях.	Общие, но не структурированные знания об основных законах термодинамики и термодинамических соотношениях.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания об основных законах термодинамики и термодинамических соотношениях.	Сформированные систематические знания об основных законах термодинамики и термодинамических соотношениях.

ОПК-5. Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и тепло-техники.	ИОПК-5.1 Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность.	Частично освоенное умение выбирать средства измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность.	В целом успешное, но не систематическое умение выбирать средства измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность.	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы в умении выбирать средства измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность.	Сформированное умение выбирать средства измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность.
--	---	---	--	--	---

2. Перечень оценочных средств для контроля сформированности компетенций в рамках дисциплины

2.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости:

- комплект заданий для выполнения практических работ;
- комплект заданий для выполнения лабораторных работ;
- комплект заданий для выполнения контрольных работ;
- комплект заданий для выполнения расчетно-графических работ.

2.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), в том числе курсовым работам (проектам)/ НИР в форме:

- зачета;
- экзамена.

Перечень компетенций (части компетенции)	Этапы формирования (индикаторы достижений) компетенций	Оценочные средства текущего контроля	Оценочные средства промежуточной аттестации
1	2	3	4
ОПК-3. Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	УМЕТЬ: использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	Задания ПР Задания ЛР Контрольная работа РГР	Результат промежуточной аттестации – сумма количества баллов за экзамен и количество баллов за выполнение заданий текущего контроля
	ВЛАДЕТЬ: методами расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	Задания ПР Задания ЛР Контрольная работа РГР	
	ЗНАТЬ: основные законы термодинамики и термодинамические соотношения.	Задания ПР Задания ЛР Контрольная работа РГР	
ОПК-5. Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники.	УМЕТЬ: выбирать средства измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность.	Задания ЛР	

3. Критерии и шкала оценивания заданий текущего контроля знаний, умений, навыков

3.1 Критерии и шкала оценивания практических работ

С целью развития умений и навыков в рамках формируемых компетенций по дисциплине предполагается выполнение практических работ, что позволяет расширить процесс познания, раскрыть понимание прикладной значимости осваиваемой дисциплины.

Перечень практических работ, описание порядка выполнения и защиты работы, требований к результатам работы, структуре и содержанию отчета и т.п. представлен в методических указаниях по дисциплине.

Компетенция ОПК-3, формируемая и оцениваемая на практических работах			
Уровень сформированности этапа компетенции			Критерии оценивания
Знаний	Умений	Навыков	
1	2	3	4
Сформированные систематические знания об основных законах термодинамики и термодинамических соотношениях.	Сформированное умение использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	Успешное и систематическое владение методами расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	Задание выполнено полностью и правильно. Отчет по практической работе подготовлен качественно в соответствии с требованиями. Полнота ответов на вопросы преподавателя при защите

			работы.
Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания об основных законах термодинамики и термодинамических соотношениях.	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы в умении использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение методами расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	Задание выполнено полностью, но нет достаточного обоснования или при верном решении допущена незначительная ошибка, не влияющая на правильную последовательность рассуждений. Все требования, предъявляемые к работе, выполнены.
Общие, но не структурированные знания об основных законах термодинамики и термодинамических соотношениях.	В целом успешное, но не систематическое умение использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	В целом успешное, но не систематическое владение методами расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	Задания выполнены частично с ошибками. Демонстрирует средний уровень выполнения задания на практическую работу. Большинство требований, предъявляемых к заданию, выполнены.
Фрагментарные знания об основных законах термодинамики и термодинамических соотношениях.	Частично освоенное умение использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	Фрагментарное владение методами расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	Задание не выполнено ИЛИ Задание выполнено со значительным количеством ошибок на низком уровне. Многие требования, предъявляемые к заданию, не выполнены.

3.2 Критерии и шкала оценивания лабораторных работ

С целью развития умений и навыков в рамках формируемых компетенций по дисциплине предполагается выполнение лабораторных работ, что позволяет расширить процесс познания, раскрыть понимание прикладной значимости осваиваемой дисциплины.

Перечень лабораторных работ, описание порядка выполнения и защиты работы, требований к результатам работы, структуре и содержанию отчета и т.п. представлен в методических указаниях по дисциплине.

Компетенция ОПК-3, формируемая и оцениваемая на лабораторных работах			
Уровень сформированности этапа компетенции			Критерии оценивания
Знаний	Умений	Навыков	
1	2	3	4
Сформированные систематические знания об основных законах термодинамики и термодинамических соотношениях.	Сформированное умение использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	Успешное и систематическое владение методами расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	Задание выполнено полностью и правильно. Отчет по лабораторной работе подготовлен качественно в соответствии с требованиями. Полнота ответов на вопросы преподавателя при защите работы.
Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания об основных законах термодинамики и термодинамических соотношениях.	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы в умении использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение методами расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	Задание выполнено полностью, но нет достаточного обоснования или при верном решении допущена незначительная ошибка, не влияющая на правильную последовательность рассуждений. Все требования, предъявляемые к работе, выполнены.

мических соотношениях.	рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	процессов, циклов и их показателей.	ка, не влияющая на правильную последовательность рассуждений. Все требования, предъявляемые к работе, выполнены.
Общие, но не структурированные знания об основных законах термодинамики и термодинамических соотношениях.	В целом успешное, но не систематическое умение использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	В целом успешное, но не систематическое владение методами расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	Задания выполнены частично с ошибками. Демонстрирует средний уровень выполнения задания на лабораторную работу. Большинство требований, предъявляемых к заданию, выполнены.
Фрагментарные знания об основных законах термодинамики и термодинамических соотношениях.	Частично освоенное умение использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	Фрагментарное владение методами расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	Задание не выполнено ИЛИ Задание выполнено со значительным количеством ошибок на низком уровне. Многие требования, предъявляемые к заданию, не выполнены.
Часть компетенции ОПК-5, формируемая и оцениваемая на лабораторных работах			
-	Сформированное умение выбирать средства измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность.	-	Задание выполнено полностью и правильно. Отчет по лабораторной работе подготовлен качественно в соответствии с требованиями. Полнота ответов на вопросы преподавателя при защите работы.
-	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы в умении выбирать средства измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность.	-	Задание выполнено полностью, но нет достаточного обоснования или при верном решении допущена незначительная ошибка, не влияющая на правильную последовательность рассуждений. Все требования, предъявляемые к работе, выполнены.
-	В целом успешное, но не систематическое умение выбирать средства измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность.	-	Задания выполнены частично с ошибками. Демонстрирует средний уровень выполнения задания на лабораторную работу. Большинство требований, предъявляемых к заданию, выполнены.
-	Частично освоенное умение выбирать средства измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических	-	Задание не выполнено ИЛИ Задание выполнено со значительным количеством ошибок на низком

	ских величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность.		уровне. Многие требования, предъявляемые к заданию, не выполнены.
--	---	--	---

3.3 Критерии и шкала оценивания тестирования (контрольная работа)

Перечень тестовых вопросов и заданий, описание процедуры тестирования представлены в методических указаниях к выполнению практических/лабораторных/самостоятельных работ.

В ФОС включен типовой вариант тестового задания:

Тестовое здание

Дисциплина: «Техническая термодинамика»

Фамилия, имя, отчество, группа

Вариант 1

1. Интенсивные параметры состояния

- а) давление;
- б) удельный объем;
- в) энтальпия;
- г) температура.

2. Экстенсивные параметры состояния

- а) давление;
- б) удельный объем;
- в) энтальпия;
- г) температура.

3. Какие параметры состояния относятся к основным?

- а) абсолютное давление, термодинамическая температура, удельный объем;
- б) манометрическое давление, температура, удельный объем;
- в) давление, абсолютная температура, полный объем;
- г) вакуумметрическое давление, абсолютная температура, удельный объем.

4. Первый закон термодинамики

- а) $q = l + \Delta u$;
- б) $q = l - \Delta u$;
- в) $q = l + u$;
- г) $l = q + \Delta u$.

5. Виды термодинамических систем

- а) открытая, закрытая, изолированная;
- б) открытая, закрытая, изобарная, изохорная;
- в) открытая, закрытая, адиабатная;
- г) открытая, закрытая, адиабатная, изолированная.

6. Термодинамическая система, в которой происходит обмен веществом с другими системами

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

7. Термодинамическая система, в которой отсутствует обмен веществом

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

8. Термодинамическая система, в которой отсутствует обмен теплотой

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

9. Термодинамическая система, в которой отсутствует обмен энергией и веществом

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

10. Закон Бойля-Мариотта

- а) при постоянной температуре произведение давления на объем данной массы газа есть величина постоянная $p \cdot v = const$; или объемы данной массы газа обратно пропорциональны давлениям;
- б) при постоянном давлении объемы данной массы газа прямо пропорциональны его абсолютным температурам;
- в) при постоянном объеме давления данной массы газа прямо пропорциональны его абсолютным температурам;
- г) все газы при одинаковых температуре и давлении содержат в равных объемах одно и то же число молекул.

Критерии оценки тестирования обучающихся

Компетенция ОПК-3, оцениваемая с помощью тестового задания			
Уровень сформированности			Критерии оценивания
Знаний	Умений	Навыков	
1	2	3	4
Сформированные систематические знания об основных законах термодинамики и термодинамических соотношениях.	Сформированное умение использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	Успешное и систематическое владение методами расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	90-100 % правильных ответов
Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания об основных законах термодинамики и термодинамических соотношениях.	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы в умении использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение методами расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	70-89 % правильных ответов
Общие, но не структурированные знания об основных законах термодинамики и термодинамических соотношениях.	В целом успешное, но не систематическое умение использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	В целом успешное, но не систематическое владение методами расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	50-69 % правильных ответов

1	2	3	4
Фрагментарные знания об основных законах термодинамики и термодинамических соотношениях.	Частично освоенное умение использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	Фрагментарное владение методами расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	49% и меньше правильных ответов

Шкала оценивания комплексного задания

Оценка (баллы)	Критерии оценки
6 баллов «отлично»	90-100 % правильных ответов
5 баллов «хорошо»	70-89 % правильных ответов
4 балла «удовлетворительно»	50-69 % правильных ответов
3 балла «неудовлетворительно»	49% и меньше правильных ответов

3.4 Критерии и шкала оценивания расчетно-графических работ

Расчетно-графические работы предназначены для формирования и проверки знаний в рамках оцениваемых компетенций по дисциплине. Перечень заданий, рекомендации по выполнению представлены в методических указаниях.

В ФОС включен типовый вариант расчетно-графического задания.

Расчетно-графическая работа №1

Расчет теоретических циклов двигателей внутреннего сгорания (ДВС)

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^k , 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.

Расчетно-графическая работа №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 q_p .
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 d_o и общий D_o расходы пара установкой при полной нагрузке, условно полагая, что единственным источником потерь теплоты служит конденсатор.
12. Определить удельный q_o и часовой G_o расходы топлива установкой.

Компетенция ОПК-3, формируемая и оцениваемая с помощью расчетно-графической работы			
Уровень сформированности			Критерии оценивания
Знаний	Умений	Навыков	
1	2	3	4
Сформированные систематические знания об основных законах термодинамики и термодинамических соотношениях.	Сформированное умение использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	Успешное и систематическое применение методов расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	Расчетно-графическая работа выполнена полностью, без ошибок (возможна одна неточность, описка, не являющаяся следствием непонимания материала).
Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания об основных законах термодинамики и термодинамических соотношениях.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	Расчетно-графическая работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны, допущена одна негрубая ошибка или два-три недочета, не влияющих на правильную последовательность рассуждений.
Общие, но не структурированные знания об основных законах	В целом успешно, но не систематически осуществляемое умение ис-	В целом успешное, но не систематическое при-	В расчетно-графической работе допущено более одной грубой ошибки или более

термодинамики и термодинамических соотношениях.	пользовать знание теплотехнических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	менение методов расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	двух-трех недочета, но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.
Знания не сформированы	Умения отсутствуют	Навыки отсутствуют	Расчетно-графическая работа не выполнена.

4. Критерии и шкала оценивания результатов обучения по дисциплине при проведении промежуточной аттестации

4.1 Критерии и шкала оценивания результатов освоения дисциплины с зачетом

Если обучающийся набрал зачетное количество баллов согласно установленному диапазону по дисциплине, то он считается аттестованным согласно шкале баллов для определения итоговой оценки:

Уровень сформированности компетенций ОПК-3 и ОПК-5	Оценка	Баллы по дисциплине	Критерии оценивания
<i>Высокий</i>	<i>Отлично</i>	91 - 100	Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону
<i>Продвинутый</i>	<i>Хорошо</i>	81 - 90	Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону
<i>Пороговый</i>	<i>Удовлетворительно</i>	78 - 80	Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону
<i>Ниже порогового</i>	<i>Неудовлетворительно</i>	Менее 78	Зачетное количество согласно установленному диапазону баллов не набрано

4.2 Критерии и шкала оценивания результатов освоения дисциплины с экзаменом

Для дисциплин, заканчивающихся экзаменом, результат промежуточной аттестации складывается из баллов, набранных в ходе текущего контроля и при проведении экзамена:

В ФОС включен список вопросов и заданий к экзамену и типовой вариант экзаменационного билета.

Список 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.

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.

Типовой вариант экзаменационного билета

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра строительства, энергетики и транспорта

Направление подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Направленность (профиль) подготовки «Энергообеспечение предприятий»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № _____ по учебной дисциплине «Техническая термодинамика»

1. Понятия, задачи, объекты технической термодинамики. Термодинамическая система, виды термодинамических систем. Равновесное и неравновесное состояние термодинамических систем.
2. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Работа изменения объема. Изменение внутренней энергии.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры строительства, энергетики и транспорта «21» июня 2021 года.

Заведующий кафедрой

А.А. Челтыбашев

Ответы на экзаменационные вопросы оцениваются по критериям и шкале, представленным в таблице:

Оценка	Баллы	Критерии оценки ответа на экзамене
1	2	3
Отлично	20	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, не затрудняется с ответом при видоизменении вопроса. Владеет специальной терминологией, демонстрирует общую эрудицию в предметной области, использует при ответе ссылки на материал специализированных источников, в том числе на Интернет-ресурсы.
Хорошо	15	Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, владеет специальной терминологией на достаточном уровне; могут возникнуть затруднения при ответе на уточняющие вопросы по рассматриваемой теме; в целом демонстрирует общую эрудицию в предметной области.
Удовлетворительно	10	Обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, плохо владеет специальной терминологией, допускает существенные ошибки при ответе, недостаточно ориентируется в источниках специализированных знаний.
Неудовлетворительно	Менее 10	Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, не владеет специальной терминологией, не ориентируется в источниках специализированных знаний. Нет ответа на поставленный вопрос.

Оценка, полученная на экзамене, переводится в баллы («5» – 20 баллов, «4» – 15 баллов, «3» – 10 баллов) и суммируется с баллами, набранными в ходе текущего контроля:

Уровень сформированности компетенции ОПК-3 и ОПК-5	Итоговая оценка по дисциплине	Суммарные баллы по дисциплине, в том числе 3 семестр (4 семестр)	Критерии оценивания (пример)
Высокий	Отлично	91 – 100	Выполнены все контрольные точки текущего контроля на высоком уровне. Экзамен сдан
Продвинутый	Хорошо	81 – 90	Выполнены все контрольные точки текущего контроля. Экзамен сдан
Пороговый	Удовлетворительно	70 - 80	Контрольные точки выполнены в неполном объеме. Экзамен сдан
Ниже порогового	Неудовлетворительно	69 и менее	Контрольные точки не выполнены или не сдан экзамен

5. Задания для внутренней оценки уровня сформированности компетенций

Оценочные материалы содержат задания для оценивания знаний, умений и навыков, демонстрирующие уровень сформированности компетенций.

Контрольные задания соответствуют принципам валидности, однозначности, надежности и позволяют объективно оценить результаты обучения и уровни сформированности компетенций ОПК-3, ОПК-5.

Код и наименование компетенции	Этапы формирования (индикаторы достижений) компетенций	Задание для оценки сформированности компетенции
Компетенция ОПК-3	ЗНАТЬ: основные законы термодинамики и термодинамические соотношения.	Тестовые вопросы
	УМЕТЬ: использовать знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем.	Тестовое задание
	ВЛАДЕТЬ: методами расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей.	
Компетенция ОПК-5	УМЕТЬ: выбирать средства измерения, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность.	Кейс-задание

5.1. Комплекс заданий сформирован таким образом, чтобы осуществить процедуру проверки одной компетенции у обучающегося в течение 5-10 минут в письменной или устной формах.

Содержание комплекса заданий по вариантам (не менее 5):

Примерные наборы тестовых вопросов
Компетенция ОПК-3
ВАРИАНТ 1

1. Закон Авогадро:

(данный вопрос предполагает единственный выбор ответа)

- а) при постоянной температуре произведение давления на объем данной массы газа есть величина постоянная $p \cdot v = const$; или объемы данной массы газа обратно пропорциональны давлениям;
- б) при постоянном давлении объемы данной массы газа прямо пропорциональны его абсолютным температурам;
- в) при постоянном объеме давления данной массы газа прямо пропорциональны его абсолютным температурам;
- г) все газы при одинаковых температуре и давлении содержат в равных объемах одно и то же число молекул.

2. Разность теплоемкостей в изобарном ($p = const$) и изохорном ($v = const$) процессах равна газовой постоянной – это:

(данный вопрос предполагает единственный выбор ответа)

- а) закон Бойля-Мариотта;
- б) закон Авогадро;
- в) уравнение Майера;

г) закон Шарля.

3. $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ - это:

(данный вопрос предполагает единственный выбор ответа)

- а) число Маха;
- б) число Авогадро;
- в) число Рейнольдса;
- г) число Нуссельта.

4. Изохорный процесс - это

5. Запишите уравнение для изохорного процесса.

ВАРИАНТ 2

1. Второй закон термодинамики:

(данный вопрос предполагает множественный выбор ответов)

- а) теплота не может сама собой переходить от холодного тела к горячему;
- б) теплоту какого-либо тела невозможно превратить в работу, не производя никакого другого действия, кроме охлаждения этого тела;
- в) невозможно создать вечный двигатель второго рода;
- г) все подводимое к газу в процессе тепло расходуется на изменение внутренней энергии и совершение внешней работы.

2. Газовая постоянная – это:

(данный вопрос предполагает единственный выбор ответа)

- а) отношение изобарной теплоемкости к изохорной;
- б) отношение изохорной теплоемкости к изобарной;
- в) разность изобарной теплоемкости и изохорной;
- г) разность изохорной теплоемкости и изобарной.

3. В каком процессе внутренняя энергия равна нулю?

(данный вопрос предполагает единственный выбор ответа)

- а) изохорном;
- б) изобарном;
- в) адиабатном;
- г) изотермическом.

4. Изобарный процесс - это

5. Запишите уравнение для изобарного процесса.

ВАРИАНТ 3

1. Закон Гей-Люссака:

(данный вопрос предполагает единственный выбор ответа)

- а) при постоянной температуре произведение давления на объем данной массы газа есть величина постоянная $p \cdot v = \text{const}$; или объемы данной массы газа обратно пропорциональны давлениям;
- б) при постоянном давлении объемы данной массы газа прямо пропорциональны его абсолютным температурам;
- в) при постоянном объеме давления данной массы газа прямо пропорциональны его абсолютным температурам;

г) все газы при одинаковых температуре и давлении содержат в равных объемах одно и то же число молекул.

2. Площадь под кривой процесса в T-s-диаграмме численно равна:

(данный вопрос предполагает единственный выбор ответа)

- а) теплоте;
- б) работе;
- в) внутренней энергии;
- г) энтальпии.

3. В каком процессе теплота равна нулю?

(данный вопрос предполагает единственный выбор ответа)

- а) изохорном;
- б) изобарном;
- в) адиабатном;
- г) изотермическом.

4. Изотермический процесс - это

5. Запишите уравнение для изотермического процесса.

ВАРИАНТ 4

1. Закон Шарля:

(данный вопрос предполагает единственный выбор ответа)

- а) при постоянной температуре произведение давления на объем данной массы газа есть величина постоянная $p \cdot v = \text{const}$; или объемы данной массы газа обратно пропорциональны давлениям;
- б) при постоянном давлении объемы данной массы газа прямо пропорциональны его абсолютным температурам;
- в) при постоянном объеме давления данной массы газа прямо пропорциональны его абсолютным температурам;
- г) все газы при одинаковых температуре и давлении содержат в равных объемах одно и то же число молекул.

2. Площадь под кривой процесса в p-v-диаграмме численно равна:

(данный вопрос предполагает единственный выбор ответа)

- а) теплоте;
- б) работе;
- в) внутренней энергии;
- г) энтальпии.

3. В каком процессе работа равна нулю?

(данный вопрос предполагает единственный выбор ответа)

- а) изохорном;
- б) изобарном;
- в) адиабатном;
- г) изотермическом.

4. Адиабатный процесс - это

5. Запишите уравнение для адиабатного процесса.

ВАРИАНТ 5

1. Закон Бойля-Мариотта:

(данный вопрос предполагает единственный выбор ответа)

а) при постоянной температуре произведение давления на объем данной массы газа есть величина постоянная $p \cdot v = \text{const}$; или объемы данной массы газа обратно пропорциональны давлениям;

б) при постоянном давлении объемы данной массы газа прямо пропорциональны его абсолютным температурам;

в) при постоянном объеме давления данной массы газа прямо пропорциональны его абсолютным температурам;

г) все газы при одинаковых температуре и давлении содержат в равных объемах одно и то же число молекул.

2. Как выглядит изохорный процесс в p - v -диаграмме?

(данный вопрос предполагает единственный выбор ответа)

а) вертикальной прямой;

б) горизонтальной прямой;

в) кривой;

г) точкой.

3. Закон Шарля:

(данный вопрос предполагает единственный выбор ответа)

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

б) $\frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2}$;

в) $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$;

г) $\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^k$.

4. Политропный процесс - это

5. Запишите уравнение для политропного процесса.

Шкала оценивания комплексного задания:

Оценка (баллы)	Критерии оценки
5 баллов «отлично»	5 правильных ответов
4 балла «хорошо»	4 правильных ответа
3 балла «удовлетворительно»	3 правильных ответа
2 балла «неудовлетворительно»	2 и меньше правильных ответа

Примерные наборы тестовых заданий

Компетенция ОПК-3

Вариант 1

В баллоне содержится 5 кг кислорода с абсолютным давлением 6,3 МПа и температурой 20°C. Определить емкость баллона с кислородом. Газовая постоянная кислорода 259,8 Дж/(кг·К).

Вариант 2

Масса 1 м³ метана при определенных условиях составляет 0,7 кг. Определить плотность и удельный объем метана при этих условиях.

Вариант 3

Плотность воздуха при определенных условиях равна 1,293 кг/м³. Определить удельный объем воздуха при этих условиях.

Вариант 4

Определить плотность окиси углерода (CO) при $p = 0,1$ МПа и $t = 15^\circ\text{C}$. Газовая постоянная окиси углерода 297 Дж/(кг·К).

Вариант 5

Найти плотность и удельный объем двуокиси углерода (CO₂) при нормальных условиях ($T = 273$ К, $p = 101325$ Па). Газовая постоянная двуокиси углерода 189 Дж/(кг·К).

Оценка (баллы)	Критерии оценки
5 баллов	Компетенция сформирована, если обучающийся продемонстрировал умения и навыки по расчету
2 балла	Компетенция не сформирована, если обучающийся не продемонстрировал умения и навыки работы по расчету

**Примерные кейс-задания
Компетенция ОПК-5**

Вариант 1

В технологической лаборатории необходимо произвести замеры параметров рабочего тела. Из каких этапов будет состоять лабораторное исследование? Каким образом Вы будете осуществлять руководство подобной работой?

Вариант 2

В технологической лаборатории необходимо произвести замеры параметров рабочего тела. Какие из основных законов термодинамики могут потребоваться для обработки результатов подобных исследований?

Вариант 3

В технологической лаборатории необходимо произвести замеры параметров рабочего тела. Какие условия протекания термодинамических процессов Вы знаете? Какой процесс можно считать обобщением всех вышеперечисленных?

Вариант 4

В результате проведения лабораторных исследований был получен ряд результатов для одной и той же величины. Как Вы будете осуществлять обработку этих результатов? Каким образом можно показать зависимость полученных данных от условий протекания процесса? Какие виды погрешностей Вы знаете?

Вариант 5

В технологической лаборатории необходимо произвести замеры параметров рабочего тела. Объект исследования находится в резервуаре, в котором поддерживается постоянная температура. Как будет называться процесс протекания? Какими особенностями он обладает?

Оценка (баллы)	Критерии оценки
5 баллов	Компетенция сформирована, если обучающийся продемонстрировал знания, умения и навыки в предложенной ситуации
2 балла	Компетенция не сформирована, если обучающийся не продемонстрировал знания, умения и навыки в предложенной ситуации

Сформированность компетенций (этапов) у обучающихся проводится в соответствии с оценочной шкалой.

5.2 Алгоритм, критерии и шкала оценивания сформированности компетенций

Этапы формирования (индикаторы достижений) компетенций	Оценочное средство	Результаты оценивания задания	Результат оценивания этапа формирования компетенции	Результат оценивания сформированности компетенции (части компетенций)
Компетенция ОПК-3				
Знать	Тестовые вопросы	От 2 до 5 баллов	От 2 до 5 баллов	От 2 до 5 баллов
Уметь	Тестовое задание	2 или 5	2 или 5	
Владеть				
Компетенция ОПК-5				
Уметь	Кейс-задание	2 или 5	2 или 5	От 2 до 5 баллов

Уровень сформированности компетенции в целом или ее части оценивается по шкале от 2 до 5 баллов:

- менее 2,5 баллов – уровень сформированности компетенции ниже порогового;
- 2,5-3,4 балла – пороговый уровень сформированности компетенции;
- 3,5-4,4 балла – продвинутый уровень, компетенция сформирована в полном объеме;
- 4,5-5 баллов – высокий уровень сформированности компетенции.

Уровень сформированности компетенций (части компетенции)	Характеристика уровня
Высокий (отлично)	Содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. ИЛИ Задание для проверки уровня сформированности компетенции выполнено на 4,5-5 баллов
Продвинутый (хорошо)	Содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками

	ИЛИ Задание для проверки уровня сформированности компетенции выполнено на 3,5-4,4 балла.
<i>Пороговый</i> <i>(удовлетворительно)</i>	Содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки ИЛИ Задание для проверки уровня сформированности компетенции выполнено на 2,5-3,4 балла.
<i>Ниже порогового</i> <i>(неудовлетворительно)</i>	Содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки ИЛИ Задание для проверки уровня сформированности компетенции не выполнено или набрано менее 2,5 баллов.