

Б1.О.18
шифр дисциплины

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Дисциплины
(модуля)

Техническая термодинамика и теплопередача

Разработчик:

Сергеев К.О.

ФИО

зав. кафедрой

должность

канд. техн. наук, доцент

ученая степень, звание

Утверждено на заседании кафедры

Судовых энергетических установок и
судоремонта

наименование кафедры

протокол № 09 от 27 марта 2024 г.

Заведующий кафедрой

СЭУ и С

подпись

Сергеев К.О.

ФИО

Мурманск
2024

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>		
<p>ОПК-2 ОПК-2. Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, аналитические методы в профессиональной деятельности</p>	<p>ИД-1. оПК-2. Знает основные законы естественнонаучных дисциплин, связанные с профессиональной деятельностью ИД-2. оПК-2. Владет навыками применения основных законов естественнонаучных дисциплин, связанные в профессиональной деятельности ИД-3. оПК-2. Умеет применять основные законы естественнонаучных дисциплин, связанные в профессиональной деятельности</p>	<p>- сферы применения основных законов термодинамики и теплопередачи в технике; - основы термодинамического анализа круговых обратимых и необратимых циклов; - основные законы и способы передачи тепловой энергии и механической работы - физическую сущность преобразования энергий двух типов (тепла и работы), а также условия, при которых эти преобразования наиболее эффективны; - особенности термодинамического метода,</p>	<p>- анализировать термодинамические процессы с позиций всеобщего закона сохранения энергии; - рассчитывать параметры термодинамических процессов и эффективность циклов; - управлять работой мультимедийных устройств в процессе выполнения экспериментов.</p>	<p>- методом исследования круговых процессов; - методом поверочного расчета теплообменных аппаратов; - компьютерными методиками, например, с использованием языка программирования высокого уровня AppGameKit, заложенного в интерактивном лабораторном практикуме, для количественного анализа углекислого газа и определения точки его фазового перехода.</p>	<p>- комплект заданий для выполнения лабораторных работ; - типовые задания по вариантам для выполнения расчетно-графической работы; - комплект заданий для выполнения контрольных работ.</p>	<p>- экзаменационные билеты; - результаты текущего контроля.</p>

<p>ОПК-3 Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные</p>	<p>ИД-1. опк-3. Знает способы измерений, записи и хранения результатов наблюдений, методы обработки и представления экспериментальных данных ИД-2. опк-3. Владеет навыками работы с измерительными приборами и инструментами ИД-3. опк-3. Умеет обрабатывать экспериментальные данные, интерпретировать и профессионально представлять полученные результаты</p>	<p>исключающего какие-либо гипотезы о строении вещества и учитывающего связь рабочего тела с окружающей средой; - термодинамические свойства рабочих тел; - основы теплового и поверочного расчетов теплообменных аппаратов; - принцип действия и методический материал существующих мультимедийных образовательных устройств для выполнения экспериментальных работ на мобильных смартфонах или персональных компьютерах.</p>				
---	--	--	--	--	--	--

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 негрубые ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.
Наличие умений	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Выполнены типовые задания с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме (отсутствуют пояснения, неполные выводы)	Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные задания с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Задания выполнены в полном объеме без недочетов.
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 недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при выполнении стандартных заданий с некоторыми недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Продемонстрирован 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

3.1 Критерии и шкала оценивания лабораторных/практических работ

Перечень лабораторных/практических работ, описание порядка выполнения и защиты работы, требования к результатам работы, структуре и содержанию отчета и т.п. представлены в методических материалах по освоению дисциплины и в электронном курсе в ЭИОС МАУ.

Оценка/баллы	Критерии оценивания
<i>Отлично</i>	Задание выполнено полностью и правильно. Отчет по лабораторной/практической работе подготовлен качественно в соответствии с требованиями. Полнота ответов на вопросы преподавателя при защите работы.
<i>Хорошо</i>	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.
<i>Удовлетворительно</i>	Задания выполнены частично с ошибками. Демонстрирует средний уровень выполнения задания на лабораторную/практическую работу. Большинство требований, предъявляемых к заданию, выполнены.
<i>Неудовлетворительно</i>	Задание выполнено со значительным количеством ошибок на низком уровне. Многие требования, предъявляемые к заданию, не выполнены. ИЛИ Задание не выполнено.

3.2 Критерии и шкала оценивания расчетно-графической работы / контрольной работы

Перечень заданий к расчетно-графической работе/контрольной работе, а также рекомендации по их выполнению представлены в методических материалах по освоению дисциплины и в электронном курсе в ЭИОС МАУ.

В ФОС включены:

- **типовой вариант расчетно-графической работы (только для очной формы обучения) «Расчет газового теоретического цикла».**

Исходные данные:

Сухой воздух массой 1 кг совершает прямой термодинамический цикл, состоящий из четырех последовательных термодинамических процессов. Данные, необходимые для расчета в зависимости от варианта, приведены в таблице заданий.

Фрагмент таблицы заданий

Вариант	Заданные параметры характерных точек: $p, (\text{Мпа}); t, (^\circ\text{C})$				Типы процессов в цикле			
					Процесс 1-2	Процесс 2-3	Процесс 3-4	Процесс 4-1
1	$p_1 = 0,09$	$t_1 = 303$	$p_2 = 0,4$	$t_3 = 473$	политропа	изобара	политропа	изохора

Требуется:

1. Рассчитать абсолютное давление p , удельный объем v , абсолютную температуру T воздуха для основных точек цикла.

2. Для каждого из процессов определить значения показателей политропы n , удельной теплоемкости c , изменение удельной внутренней энергии Δu , энтальпии Δi , энтропии Δs , удельной теплоты цикла $q_{ц}$, удельной работы сжатия $l_{сж}$ и расширения $l_{расш}$, удельной располагаемой работы l_0 .

3. Определить суммарные количества теплоты, подведенной q_1 и отведенной q_2 , работу цикла $l_{ц}$, располагаемую работу цикла $l_{0ц}$, термический КПД цикла η_t .

4. Построить цикл в координатах $p-v$, $T-s$, нанеся на диаграммы основные точки цикла и составляющие цикл процессы в удобном для чтения масштабе.

5. Используя $p-v$ диаграмму цикла, графически определить работу цикла $l_{ц}$ и располагаемую работу l_0 , сравнить полученные результаты с результатами, рассчитанными аналитически.

6. Используя $T-s$ диаграмму, графически определить величину изменения удельной энтропии в процессе 4-1 и сопоставить результаты графического и аналитического расчетов.

- **типовой вариант контрольных работ (только для заочной формы обучения) №1 и 2**

Исходные данные контрольной работы №1:

Задача №1

В металлическом баллоне объемом V находится газ при давлении по манометру P_m . Атмосферное давление окружающего баллон воздуха по барометру равно P_s , при температуре t . Определить насколько изменится показание манометра, если окружающая атмосфера приобретет нормальные физические условия. Считать стенки баллона не теплоизолированными.

Данные для решения выбрать из табл. 1.

Фрагмент таблицы 1

Вариант	V , л	P_m , кПа	P_s , мм.рт.ст.	t , °C	Газ	Химическая формула
1	62	1105	765	16	Азот	N_2

Задача №2

Газ массой m при температуре t_1 и абсолютном давлении p_1 расширяется по изотерме. Объем газа увеличивается при этом в n раз. Определить удельный объем и абсолютное давление газа после расширения, а также работу расширения и количество подведенной теплоты. Исходные данные выбрать из таблицы 2.

Фрагмент таблицы 2

Вариант	m , кг	p_1 , бар	t_1 , °C	$n = V_2/V_1$	Газ
1	15	7,0	30	5,5	Азот N_2

Задача №3

Смесь идеального газа массой m , заданная объемными долями и занимающая объем V_1 , нагревается при постоянном давлении от температуры t_1 до температуры t_2 , а затем охлаждается при постоянном объеме до исходной температуры t_1 .

Определить конечное давление и объем смеси, работу расширения, подведенную теплоту и изменение энтропии m кг смеси. Указать, какое манометрическое давление будет иметь газовая смесь в конце изобарного нагрева и изохорного охлаждения, если приведенное к нулю $^{\circ}\text{C}$ барометрическое давление равно p_0 . Расчет проиллюстрировать изображением процессов в p - v и T - s координатах. Задачу решать с учетом нелинейной зависимости теплоемкости газа от температуры. Данные для решения задачи выбрать из таблицы 3.

Фрагмент таблицы 3

Вариант	$V, \text{ м}^3$	$p_0, \text{ мм. рт.ст}$	$m, \text{ кг}$	$t_1, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_2, \text{ }^{\circ}\text{C}$	Объемная доля компонента газовой смеси, %					
						N_2	O_2	CO_2	Водяной пар (H_2O)	CO	H_2
1	10	770	2	50	100	80	10	10			

Задача №4

Влажный пар с начальным давлением p_1 и степенью сухости x_1 вытекает через суживающееся сопло, имеющее площадь выходного сечения f , в атмосферу с давлением p_2 .

Определить критическое давление, скорость истечения и секундный расход пара, если скоростной коэффициент сопла равен φ_w . Скоростью пара на входе в сопло пренебречь. Данные для решения задачи выбрать из таблицы 4.

Фрагмент таблицы 4

Последняя цифра шрифта	$p_1, \text{ МПа}$	x_1	$p_2, \text{ МПа}$	$f, \text{ мм}^2$	φ_w
1	1,2	0,98	0,10	32	0,99

Задача №5

В первую ступень двухступенчатого компрессора засасывается $V \text{ м}^3/\text{с}$ воздуха при температуре всасывания t_1 и давлении p_1 . Давление сжатого воздуха в ступенях соответствует значениям p_2 и p_3 .

Найти температуру и удельный объем воздуха в конце сжатия в каждой ступени компрессора, а также мощность, затрачиваемую на получение сжатого воздуха при сжатии по трем процессам: по изотерме, по адиабате (с показателем адиабаты $k = 1,4$) и по политропе (с показателем политропы $n = 1,2$). Определить степень повышения давления в каждой ступени. Изобразить процесс сжатия воздуха в компрессоре в P - v и T - s диаграммах.

Данные для решения задачи выбрать из таблицы 5.

Фрагмент таблицы 5

Вариант	$V, \text{ м}^3/\text{с}$	$t_1, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$p_1, \text{ МПа}$	$p_2, \text{ МПа}$	$p_3, \text{ МПа}$	Процесс сжатия
1	0,15	20	0,05	0,70	1,50	изотермический, политропный, адиабатный

Задача №6

Паросиловая установка работает по циклу Ренкина. В паровую турбину поступает перегретый водяной пар с давлением p_1 и температурой t_1 . Давление пара на выходе из турбины p_2 , расход пара G .

Определить:

давление p , удельный объем v , температуру t , удельную энтальпию i и энтропию s , а также - степень сухости x пара в узловых точках цикла, количество подведенной Q_1 и отведенной Q_2 теплоты, работу L , термический КПД и теоретическую мощность N установки. Изобразить принципиальную схему установки и представить цикл в координатах p - v , T - s и i - s (без масштаба).

Данные для решения задачи выбрать из таблицы 6.

Фрагмент таблицы 6

№ варианта	p_1 , мПа	p_2 , мПа	t_1 , °C	G , кг/с
1	0,500	0,003	500	20

Исходные данные контрольной работы №2:

Задача №1

Металлическая стенка камеры площадью F покрыта с одной стороны слоем изоляции. Температура внутренней неизолированной поверхности t_1 , а наружной поверхности изоляции – t_3 , толщина стенки и изоляции соответственно δ_1 и δ_2 . Определить потери тепла Q через стенку, плотность теплового потока q и температуру между поверхностью стенки и изоляции t_2 . Коэффициенты теплопроводности стенки λ_1 и изоляции λ_2 принять по средним значениям их температур. Исходные данные выбрать из таблицы 1, а коэффициенты теплопроводности материалов из таблицы 1.

Фрагмент таблицы 1

№ варианта	t_1 , °C	t_3 , °C	δ_1 , м	δ_2 , м	Материал стенок		F_2 , м ²
					металлическая	изоляция	
1	700	300	0,020	0,10	Сталь 15	Асбест	2,0

Задача №2

Металлическая труба с внутренним диаметром d_1 и наружным d_2 длиной l покрыта двумя слоями изоляции, толщины которых δ_2 и δ_3 . Температура внутренней поверхности трубы t_1 , наружной поверхности последнего слоя изоляции t_4 . Коэффициенты теплопроводности изоляции соответственно λ_2 и λ_3 . Определить потерю тепла через трехслойную трубу, тепловое сопротивление трехслойной стенки R и эквивалентный коэффициент теплопроводности изоляционных слоев $\lambda_{\text{экв}}$. Исходные данные выбрать из таблицы 2. Теплопроводность материала трубы – из справочной литературы.

Фрагмент таблицы 2

№ варианта	d_1 , мм	d_2 , мм	L , м	t_1 , °C	δ_2 , мм	δ_3 , мм	t_4 , °C	Материал трубы	Теплопроводность изоляционных слоев	
									λ_2 , Вт/(м·К)	λ_3 , Вт/(м·К)
1	200	220	1,5	200	30	20	40	Сталь15	0,13	0,15

Задача №3

Кирпичная обмуровка котла имеет площадь F и толщину δ ; ее внутренняя и наружная поверхности соответствующие температуры t_{c1} и t_{c2} . Внутренняя поверхность омывается топочными газами с температурой $t_{ж1}$, а наружная - воздухом с температурой $t_{ж2}$. Коэффициент теплоотдачи от топочных газов α_1 , а от обмуровки к воздуху α_2 .

Теплопроводность обмуровки – λ . Определить потерю тепла обмуровкой и графически изобразить схему передачи тепла. Исходные данные выбрать из таблицы 3.

Фрагмент таблицы 3

№ варианта	F , м ²	δ , мм	$t_{ж1}$, °С	$t_{ж2}$, °С	α_1 , Вт/(м ² ·К)	α_2 , Вт/(м ² ·К)	λ , Вт/(м·К)
1	10	250	600	30	20	8	0,7

Задача №4

Паропровод с внутренним диаметром d_1 и наружным d_2 покрыт слоем изоляции δ ; коэффициенты теплопроводности стенки и изоляции соответственно λ_1 и λ_2 . Температура пара и окружающего воздуха соответствуют $t_{ж1}$ и $t_{ж2}$; коэффициенты теплоотдачи со стороны пара α_1 , а со стороны окружающего воздуха α_2 . Определить удельную плотность теплового потока с единицы длины q_1 и температуры на наружной поверхности паропровода и изоляции, вычислить критический диаметр изоляции. Изобразить графически схему теплопередачи. Исходные данные выбрать из таблицы 4.

Фрагмент таблицы 4

№ варианта	d_1 , мм	d_2 , мм	δ , мм	$t_{ж1}$, °С	$t_{ж2}$, °С	α_1 , Вт/(м ² ·К)	α_2 , Вт/(м ² ·К)	λ_1 , Вт/(м·К)	λ_2 , Вт/(м·К)
1	200	216	120	300	25	100	8,5	40	0,10

Задача №5

Определить коэффициент теплоотдачи α и количество переданной теплоты Q при течении жидкости в трубе диаметром d и длиной l со скоростью w , при средней по длине температуре жидкости $t_{ж}$ и средней по длине температуре стенки $t_{ст}$.

Исходные данные выбрать из таблицы 5.

Фрагмент таблицы 5

№ варианта	d , мм	l , м	w , м/с	$t_{ж}$, °С	$t_{ст}$, °С	Теплоноситель
1	40	3,0	1,0	80	50	Вода

Задача №6

Наружная поверхность горизонтальной стальной трубы, имеющей диаметр d , длину l и температуру $t_{ст}$, поперечно омывается свободным потоком газа (жидкости) с температурой $t_{ж}$. Определить коэффициент теплоотдачи α и количество тепла Q , передаваемое от трубы к газу (жидкости). Исходные данные выбрать из таблицы 6.

Фрагмент таблицы 6

№ варианта	d , мм	l , м	$t_{ст}$, °С	$t_{ж}$, °С	Теплоноситель
1	50	1,5	100	20	Вода

Задача №7

Определить средний коэффициент теплоотдачи от неподвижного сухого насыщенного пара к горизонтальной трубе и количество конденсата G на поверхности трубы диаметром d и длиной l , если давление пара p , а температура поверхности трубы t_c . Исходные данные выбрать из таблицы 7.

Фрагмент таблицы 7

№ варианта	d , мм	l , м	t_c , °С	p , МПа
1	22	1,5	96,5	0,10

Задача №8

Между двумя поверхностями площадью F установлен экран. Коэффициенты излучения поверхностей $C_1 = C_2 = C_3$, а температуры поверхностей составляют t_1 и t_2 . Определить тепловой поток до и после установки экрана, а также температуру экрана T_3 , и лучистый поток после установки n экранов. Исходные данные выбрать из таблицы 8.

Фрагмент таблицы 8

№ варианта	$t_1,$ $^{\circ}\text{C}$	$t_2,$ $^{\circ}\text{C}$	$F,$ м^2	$C_1, C_2, C_3,$ $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$	Количество экранов, n
1	500	200	10	4,5	2

Оценка/баллы	Критерии оценивания
<i>Отлично</i>	Работа выполнена полностью, без ошибок (возможна одна неточность, описка, не являющаяся следствием непонимания материала).
<i>Хорошо</i>	Работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны, допущена одна негрубая ошибка или два-три недочета, не влияющих на правильную последовательность рассуждений.
<i>Удовлетворительно</i>	В работе допущено более одной грубой ошибки или более двух-трех недочетов, но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.
<i>Неудовлетворительно</i>	В работе есть грубые ошибки и недочеты ИЛИ Контрольная работа не выполнена.

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

4.1 Требования к структуре, содержанию и оформлению представлены в методических материалах по освоению дисциплины (модуля) и в электронном курсе в ЭИОС МАУ.

4.2 Критерии и шкала оценивания результатов освоения дисциплины с экзаменом

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

Экзаменационные вопросы

Вопросы по термодинамике

1. Рабочее тело. Термодинамическая система. Теплота и работа как формы энергии. Основные параметры состояния рабочего тела, размерности.
2. Параметры состояния рабочего тела. Равновесное и неравновесное состояния. Связи между параметрами состояния.
3. Уравнение состояния идеальных газов. Газовая постоянная, универсальная газовая постоянная, их физическая сущность и связь с теплоёмкостью.
4. Свойства реальных газов. Уравнение состояния реальных газов (Ван-Дер-Ваальса).
5. Внутренняя энергия и энтальпия газа, связь между ними, размерности.

6. Теплота и работа. Процессы и показатели теплового и механического взаимодействия рабочего тела и окружающей среды. Диаграмма $p-v$, признаки совершения и затраты работы.
7. Закон сохранения и превращения энергии. Первый закон термодинамики, преобразование энергии при $dq=0$, $du=0$, $d\ell=0$.
8. Теплоёмкости газа: массовая, объёмная, мольная; размерности. Сущность теплоёмкости, пределы изменения теплоёмкости.
9. Истинная и средняя теплоёмкости газа. Определение теплоёмкости при линейной и нелинейной зависимости её от температуры.
10. Теплоёмкости газа при постоянном объёме и при постоянном давлении. Связь между ними. Уравнение Майера. Показатель адиабаты.
11. Теплота. Теплоёмкость и энтропия газа, связь между ними, диаграмма $T-s$ и признак подвода или отвода теплоты.
12. Энтропия газа. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах.
13. Исследование изохорного процесса в $p-v$ и $T-s$ диаграммах, определение работы и теплоты процесса.
14. Исследование изобарного процесса в $p-v$ и $T-s$ диаграммах, определение работы и теплоты процесса.
15. Исследование изотермического процесса в $p-v$ и $T-s$ диаграммах, определение работы и теплоты процесса.
16. Исследование адиабатного процесса в $p-v$ и $T-s$ диаграммах, определение работы и теплоты процесса.
17. Исследование политропного процесса, с $n = 0,5$ в $p-v$ и $T-s$ диаграммах, определение работы и теплоты процесса.
18. Исследование политропного процесса, с $n = 1,2$ в $p-v$ и $T-s$ диаграммах, определение работы и теплоты процесса.
19. Исследование политропного процесса, с $n = 2$ в $p-v$ и $T-s$ диаграммах, определение работы и теплоты процесса.
20. Исследование политропного процесса, с $n = -5$ в $p-v$ и $T-s$ диаграммах, определение работы и теплоты процесса.
21. Процесс парообразования в $p-v$ диаграмме, определение работы расширения пара, стадии парообразования. Критическое состояние воды и пара.
22. Процесс парообразования в $T-s$ диаграмме, определение теплоты парообразования и перегрева пара.
23. Термодинамические процессы в $p-v$ и $T-s$ диаграммах, признак совершения или затраты работы. Фазовые переходы, равновесные состояния, тройная точка.
24. Основные параметры жидкости и пара. Способы их определения. Степень сухости и пределы её изменения.
25. Основные параметры влажного пара. Степень влажности и пределы её изменения. Полная теплота парообразования.
26. Процессы водяного пара в $p-v$, $T-s$ и $i-s$ диаграммах. Температура насыщения и степень перегрева пара.
27. Адиабатный процесс истечения газа. Располагаемая работа при истечении газа. Сопло и диффузор, изменение скорости, давления и температуры газа в них.
28. Скорость и расход газа в суживающемся канале при адиабатном истечении. Расходная характеристика сопла. Критические параметры истечения.
29. Процессы дросселирования газа и пара. Эффект Джоуля-Томсона. Инверсия газа.
30. Скорость и расход газа в расширяющемся канале Лавалля. Виды сопел и режимы истечения.
31. Циклы прямые и обратные, обратимые и необратимые. Работа цикла: совершённая и затраченная.

32. Второй закон термодинамики, математическое выражение, основные формулировки. Термический к.п.д. цикла.
33. Прямой обратимый цикл Карно. Процессы, особенности и термодинамический к.п.д. цикла.
34. Обратный обратимый цикл Карно. Процессы, особенности и холодильный коэффициент цикла.
35. Схема одноступенчатого компрессора. Работа сжатия, работа на привод компрессора.
36. Одноступенчатый компрессор принцип действия, назначение. Процессы, степень повышения давления, вредное пространство.
37. Многоступенчатый компрессор. Назначение, классификация, процессы и степень повышения давления. Работа, теплота сжатия и охлаждения.
38. Цикл ДВС с подводом теплоты при $v = \text{const}$. Процессы, работа, теплота и термический к.п.д. цикла.
39. Цикл ДВС с подводом теплоты при $p = \text{const}$. Процессы, работа, теплота и термический к.п.д. цикла.
40. Цикл ДВС со смешанным подводом теплоты. Процессы, работа, теплота и термический к.п.д. цикла.
41. Пути повышения работы и к.п.д. циклов ДВС.
42. Сравнение циклов ДВС с различными способами подвода теплоты.
43. Цикл ГТУ с подводом теплоты при $p = \text{const}$. Процессы, работа, теплота и термический к.п.д. цикла.
44. Цикл ГТУ с подводом теплоты при $v = \text{const}$. Процессы, работа, теплота и термический к.п.д. цикла.
45. Сравнение циклов ГТУ с различными способами подвода теплоты. Пути повышения работы и к.п.д. циклов ГТУ.
46. Свойства обратимых и необратимых процессов и циклов. Принцип возрастания энтропии.
47. Цикл Ренкина для водяного пара. Процессы, работа, теплота и термический к.п.д. цикла, его особенности.
48. Пути повышения работы и к.п.д. цикла Ренкина.
49. Сравнение циклов ДВС и ГТУ.
50. Цикл воздушной холодильной установки. Процессы, работа, теплота и холодильный коэффициент цикла.
51. Цикл паровой компрессионной холодильной установки. Процессы, работа, теплота и холодильный коэффициент цикла.
52. Максимальная работоспособность системы. Эксергия, эксергический к.п.д. цикла.

Вопросы по теплопередаче

1. Сущность теплопроводности. Температурное поле, его характеристики. Градиент температуры, его знак и направленность.
2. Уравнение теплопроводности (закон Фурье). Коэффициент теплопроводности, определение, размерность и физическая сущность, зависимость от внешних факторов.
3. Теплопроводность через плоскую однослойную стенку. Тепловой поток и термическое сопротивление.
4. Теплопроводность через цилиндрическую однослойную стенку. Тепловой поток и термическое сопротивление.
5. Теплопроводность через многослойную плоскую стенку. Тепловой поток и термическое сопротивление и температуры на границе слоёв.

6. Теплопроводность через многослойную цилиндрическую стенку. Тепловой поток и термическое сопротивление и температуры на границе слоёв.
7. Сущность конвективного теплообмена. Основные факторы, влияющие на теплоотдачу.
8. Коэффициент теплоотдачи, определение, размерность. Уравнение теплоотдачи (Ньютона-Рихмана). Методы решения задач конвективного теплообмена.
9. Условия подобия процессов теплообмена. Критерии подобия. Критериальные уравнения для вынужденного и свободного движения теплоносителя.
10. Гидродинамическое и тепловое подобие при свободном и вынужденном движении жидкости. Гидродинамический пограничный слой и его влияние на теплообмен.
11. Теплоотдача при движении жидкости вдоль пластины. Распределение скоростей и температур теплоносителя.
12. Теплоотдача при движении жидкости в трубах. Распределение скоростей и температур при ламинарном и турбулентном режимах.
13. Теплоотдача при обтекании жидкостью одиночной трубы. Режимы движения и характер изменения коэффициента теплоотдачи.
14. Теплоотдача при обтекании жидкостью пучка труб. Режимы движения и характер изменения коэффициента теплоотдачи.
15. Теплоотдача при свободном движении жидкости относительно стенок. Распределение скоростей и характер изменения коэффициента теплоотдачи.
16. Теплопередача через плоскую однослойную стенку. Тепловой поток и термическое сопротивление.
17. Теплопередача через цилиндрическую однослойную стенку. Тепловой поток и термическое сопротивление.
18. Теплопередача через многослойную плоскую стенку. Тепловой поток и термическое сопротивление и температуры на границе слоёв.
19. Теплопередача через цилиндрическую многослойную стенку. Тепловой поток и термическое сопротивление и температуры на границе слоёв.
20. Критический диаметр изоляции. Условие эффективной работы изоляции и методика подбора её теплоизоляционных свойств.
21. Пути интенсификации теплоотдачи через стенку. Коэффициент теплопередачи, определение, размерность.
22. Сущность теплообмена излучением. Излучательная, отражательная и поглощательная способность тела.
23. Основные законы теплового излучения (Планка, Вина, Стефана-Больцмана). Коэффициент излучения, определение, размерность.
24. Основные законы теплового излучения (Стефана-Больцмана, Кирхгофа). Интенсивность и тепловой поток излучения.
25. Лучистый теплообмен между поверхностями тел. Приведённый коэффициент излучения, размерность. Приведённая степень черноты тел.
26. Лучистый теплообмен между экранированными телами. Тепловой поток и оценка эффективности использования экранов.
27. Особенности излучения и поглощения энергии газами. Излучение многоатомных газов. Тепловой поток и коэффициент теплоотдачи при излучении.
28. Теплообменные аппараты, назначение, типы, основы теплового расчёта, определение поверхности теплообмена и конечных температур теплоносителей.
29. Сложный теплообмен плоских и цилиндрических стенок. Коэффициент теплопередачи, тепловой поток, термическое сопротивление и температуры на границе слоёв.

Типовой вариант экзаменационного билета:

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ АРКТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГАОУ ВО «МАУ»)

Морская академия

Наименование структурного подразделения

Кафедра «Судовых энергетических установок и судоремонта»

Наименование кафедры

26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок»

Специализация «Техническое обслуживание и ремонт СЭУ»

Направление и направленность (профиль) подготовки

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

по учебной дисциплине «Техническая термодинамика и теплопередача»

(наименование дисциплины)

1. Теоретический вопрос № 1. Рабочее тело. Термодинамические параметры состояния, размерности. Связь между параметрами состояния.
2. Теоретический вопрос № 2. Сущность теплопроводности. Уравнение температурного поля. Стационарное, нестационарное температурное поле. Градиент температуры, его знак и направленность.
3. Практическое задание: объем воздуха при давлении 0,6 МПа и температуре 100 °С составляет 3 м³. Какой объем займет воздух при нормальных физических условиях?

Экзаменационный билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры СЭУиС

_____ 202 г

Зав. кафедрой _____

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

Оценка	Критерии оценки ответа на экзамене
Отлично	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	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	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	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.
--	--

5. Задания диагностической работы для оценки результатов обучения по дисциплине в рамках внутренней 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.

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

Содержание комплекта заданий включает: *расчетные задачи, ситуационные задания.*

Комплект заданий диагностической работы

Компетенция ОПК-2 Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, аналитические методы в профессиональной деятельности	
1	<i>Что нужно сделать, чтобы в воздушном поршневом компрессоре увеличить объемный КПД?</i> Ответ: уменьшить относительную величину вредного пространства.
2	<i>Поясните, какая термодинамическая система считается закрытой?</i> Ответ: система считается закрытой, если имеет обмен энергией в виде тепла и механической работы, но в ней отсутствует обмен массой.
3	<i>Какой вывод можно сделать из закона Джоуля об удельной внутренней энергии идеального газа?</i> Ответ: удельная внутренняя энергия идеального газа зависит только от температуры.
4	<i>Поясните, каким образом определяется знак работы, совершаемой рабочим телом?</i> Ответ: знак работы, совершаемой рабочим телом, определяется знаком изменения его удельного объема.
5	<i>Поясните, какие параметры, характеризующие цикл ДВС, при своем уменьшении увеличивают термический КПД цикла?</i> Ответ: степень предварительного расширения и минимальная температура цикла.
6	<i>Поясните, располагаемая работа процесса больше или меньше работы расширения и от чего это зависит?</i> Ответ: может быть либо больше, либо меньше работы расширения, это зависит от вида процесса.
7	<i>Напишите формулу, определяющую количество тепла, передаваемого теплопроводностью через цилиндрическую трехслойную стенку произвольной длины.</i> Ответ: $Q = \frac{2\pi \cdot l (t'_{ст} - t''_{ст})}{\frac{1}{\lambda_1} \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right) + \frac{1}{\lambda_2} \ln\left(\frac{d_3}{d_2}\right) + \frac{1}{\lambda_3} \ln\left(\frac{d_4}{d_3}\right)}$
8	<i>Напишите формулу для определения линейного коэффициента теплопередачи через однослойную цилиндрическую стенку и ответьте, будет ли он меньше любого из коэффициентов теплоотдачи в указанной формуле.</i> Ответ: $k_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda} \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right) + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_2}}$; коэффициентов теплопередачи всегда меньше любого из коэффициентов теплоотдачи.
9	<i>Поясните, как изменяется скорость потока в динамическом пограничном слое на поверхности стенки?</i> Ответ: скорость изменяется от установившейся скорости в центре потока до нуля на

	поверхности стенки.
10	<p>Поясните, как изменяется скорость потока, его давление и температура при движении в расширяющемся канале, если на входе в канал скорость потока была меньше критической?</p> <p>Ответ: давление и температура увеличиваются, а скорость уменьшается.</p>
Компетенция ОПК-3 Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	
1	<p>Каково будет абсолютное давление в баллоне, если оно измеряется ртутным вакуумметром, показывающим разрежение $p = 60$ кПа при температуре ртути $t = 21$ °С, а показание ртутного барометра, при температуре ртути в нем $t = 19$ °С, равно $B = 103$ кПа?</p> <p>Ответ: $p_{\text{абс}} = 42,88$ кПа.</p>
2	<p>Определите давление в пароводяном коллекторе котла, если присоединенный к нему манометр показывает $p = 0,4$ бара при барометрическом давлении 725 мм рт. ст., приведенном к 0 °С. Как изменится избыточное давление в котле, если показание барометра вырастут до 785 мм рт. ст., при неизменном состоянии пара в котле?</p> <p>Ответ: $P_{\text{абс}} = 136642,5$ Па. Избыточное давление при показании барометра 785 мм рт. ст. равно $p = 32002$ Па.</p>
3	<p>Турбинная установка имеет мощность 500000 кВт и расходует 335 г топлива на 1 кВт·ч. Определить массу воздуха, которую нужно подать в топку за 1 час, если для сжигания 1 кг топлива требуется 16 м³ воздуха при давлении 750 мм. рт. ст., приведенном к 0 °С, и температуре 15 °С.</p> <p>Ответ: Необходимую массу воздуха находим, используя уравнение состояния идеального газа: $m = p \cdot V / (R \cdot T) = 3239856$ кг.</p>
4	<p>В двигателе из-за плохой смазки трущихся частей происходит нагревание 150 кг стали на 50 °С в течение 30 минут. Определить потерю мощности двигателя, вызванную трением. Теплоемкость стали c равняется $0,462$ кДж/(кг·К).</p> <p>Ответ: потеря мощности составит $\Delta N = 1,925$ кВт.</p>
5	<p>Определить часовой расход теплоты, эквивалентной работе, затраченной на преодоление трения в двигателе внутреннего сгорания, если эффективная мощность двигателя $N_e = 40$ кВт, а его механический к. п. д. $\eta_m = 0,78$.</p> <p>Ответ: часовой расход теплоты, эквивалентной работе трения, составит $Q = 3600 \cdot N_{\text{тр}} = 40680$ кДж/ч.</p>
6	<p>Стальная труба размерами $\frac{d_1}{d_2} = \frac{200}{220}$ и теплопроводностью $\lambda_1 = 50$ Вт/(м·К) покрыта двумя слоями изоляции. Первый слой толщиной $\delta_2 = 50$ мм имеет $\lambda_2 = 0,2$ Вт/(м·К), у второго слоя толщиной $\delta_3 = 80$ мм теплопроводность $\lambda_3 = 0,1$ Вт/(м·К). Температура внутренней поверхности трубы $t'_{\text{ст}} = 327$ °С, а наружной поверхности второго слоя изоляции $t''_{\text{ст}} = 47$ °С. Определить потери теплоты через общий слой изоляции с 1 м длины трубы и температуры на границе соприкосновения отдельных слоев.</p> <p>Ответ: $q_l = \frac{Q}{l} = \frac{2\pi(t'_{\text{ст}} - t''_{\text{ст}})}{\frac{1}{\lambda_1} \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right) + \frac{1}{\lambda_2} \ln\left(\frac{d_3}{d_2}\right) + \frac{1}{\lambda_3} \ln\left(\frac{d_4}{d_3}\right)} = 282$ Вт/м. $t'_{\text{сл}} = t'_{\text{ст}} - \frac{q_l}{2\pi \cdot \lambda_1} \cdot \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right) = 327$ °С; $t''_{\text{сл}} = t'_{\text{сл}} - \frac{q_l}{2\pi \cdot \lambda_2} \cdot \ln\left(\frac{d_3}{d_2}\right) = 243$ °С.</p>
7	<p>Определить коэффициент теплоотдачи и количество переданной теплоты при течении воды в горизонтальной трубе диаметром $d = 0,008$ м и длиной $l = 6$ м, если скорость $w = 0,1$ м/с; температура воды $t_{\text{ж}} = 80$ °С; температура стенки трубы $t_{\text{ст}} = 20$ °С.</p> <p>Ответ: $\alpha = \overline{Nu}_{\text{ж}} \cdot \frac{\lambda_{\text{ж}}}{d} = 724$ Вт/(м²·К). количество теплоты, передаваемое всей трубой $Q = \pi \cdot d \cdot l \cdot \alpha (t_{\text{ж}} - t_{\text{ст}}) = 6540$ Вт.</p>
8	<p>Определить коэффициент теплоотдачи и количество переданной теплоты при течении воды в горизонтальной трубе диаметром $d = 0,008$ м и длиной $l = 6$ м, если скорость $w =$</p>

	<p>$0, 1 \text{ м/с}$; температура воды $t_{\text{ж}} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$; температура стенки трубы $t_{\text{ст}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.</p> <p>Ответ: коэффициент теплоотдачи равен $\alpha = \overline{Nu}_{\text{ж}} \cdot \frac{\lambda_{\text{ж}}}{d} = 724 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; количество теплоты, передаваемое всей трубой $Q = \pi \cdot d \cdot l \cdot \alpha (t_{\text{ж}} - t_{\text{ст}}) = 6540 \text{ Вт}$.</p>
9	<p>Определить передачу теплоты от вертикальной трубы диаметром $d = 120 \text{ мм}$ и высотой $h = 6 \text{ м}$ к окружающему воздуху в условиях свободной конвекции, если температура наружной поверхности трубы $T_{\text{ст}} = 353 \text{ }^\circ\text{K}$, а температура воздуха $T_{\text{ж}} = 293 \text{ }^\circ\text{K}$.</p> <p>Ответ: потеря теплоты трубопроводом составит $Q = \alpha \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot (T_{\text{ст}} - T_{\text{ж}}) = 1356 \text{ Вт}$.</p>
10	<p>Определить коэффициент теплоотдачи α и количество передаваемой теплоты Q при кипении воды в испарителе, а также – массу пара m, получаемого за 1 час, если площадь рабочей поверхности испарителя $A = 5 \text{ м}^2$, температура рабочей поверхности $t_{\text{ст}} = 156 \text{ }^\circ\text{C}$, давление пара $p = 0,45 \text{ МПа}$.</p> <p>Ответ: коэффициент теплоотдачи, используя уравнение Михеева:</p> $\alpha = 146,1 \cdot \Delta t^{2,33} \cdot p^{0,5} = 12441 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$ <p>количество передаваемой теплоты будет равно</p> $Q = \alpha \cdot \Delta t \cdot A = 497640 \text{ Вт}.$ <p>Масса получаемого в испарителе пара определится по формуле:</p> $m = \frac{Q \cdot 3600}{r} = 845 \text{ кг/ч}.$