

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Термодинамика**

**Москва
2021**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Охотин В.С.
	Идентификатор	Rb4ac9f4b-OkhotinVS-9c5a725f

(подпись)

В.С. Охотин

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дмитриев А.С.
	Идентификатор	R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaeae29

(подпись)

А.С.
Дмитриев

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

(подпись)

Ю.Ю.
Пузина

(расшифровка
подписи)

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способен анализировать результаты расчетов процессов переноса, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах энергетического оборудования специального назначения

ИД-1 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и применяет их для расчетов термодинамических процессов в элементах энергетических систем различного назначения

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Контрольная работа 4 «Расчет процессов в суживающихся соплах и соплах Лаваля» (Контрольная работа)

2. Контрольная работа 5 «Расчет простых циклов холодильных и теплонасосных установок» (Контрольная работа)

3. Контрольная работа 6 «Расчет термодинамических циклов паротурбинных и газотурбинных установок» (Контрольная работа)

4. Контрольная работа №1 «Расчет термодинамических свойств бинарной смеси идеальных газов» (Контрольная работа)

5. Контрольная работа №2 «Расчет термодинамических процессов идеального газа» (Контрольная работа)

6. Контрольная работа №3 «Определение термодинамических свойств и расчет процессов воды и водяного пара» (Контрольная работа)

7. Расчетное задание №1 «Расчет произвольного термодинамического цикла, состоящего из пяти различных процессов, совершаемых идеальным газом» (Домашнее задание)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Защита лабораторных работ тестированием (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Расчетное задание 2 «Расчет сложных термодинамических циклов» (Домашнее задание)

БРС дисциплины

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	7	11	13	15

Основные законы термодинамики и общие закономерности					
Основные определения и термины	+				
Первый закон термодинамики	+				
Второй закон термодинамики	+				
Дифференциальные уравнения термодинамики	+				
Процессы идеального газа					
Законы и уравнения идеального газа		+		+	
Смеси газов		+			
Свойства и процессы реального газа					
Термодинамические свойства реального газа			+		
Термодинамические процессы реального газа.			+		
Термические уравнения состояния реального газа.			+		
Процессы в потоке вещества					
Процессы истечения газа и пара из сопл					+
Процессы в диффузоре					+
Процессы дросселирования					+
Вес КМ:	10	15	25	25	25

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9
	Срок КМ:	4	10	12	14
Термодинамические циклы теплосиловых установок					
Термодинамические циклы паротурбинных установок			+		
Термодинамические циклы газотурбинных установок (циклы ГТУ)			+		
Термодинамический цикл одноконтурной парогазовой установки (ПГУ) с котлом-утилизатором			+		
Обратные термодинамические циклы холодильных и теплонасосных установок					
Обратные термодинамические циклы холодильных установок		+			
Термодинамические циклы теплонасосных установок		+	+		

Избранные главы термодинамики				
Третий закон термодинамики			+	
Процессы во влажном воздухе				+
Термодинамика магнетиков			+	
Фазовые переходы 2-го рода			+	
Термодинамика поверхности раздела фаз			+	
Вес КМ:	20	20	30	30

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-1ПК-2 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и применяет их для расчетов термодинамических процессов в элементах энергетических систем различного назначения	<p>Знать:</p> <p>методы расчета обратимых и необратимых процессов в потоке идеального и реального газа;</p> <p>способы определения свойств и методы расчета термодинамических процессов реального газа</p> <p>методы расчета термодинамических свойств и процессов идеального газа</p> <p>основные законы термодинамики и условия их применения</p> <p>Уметь:</p> <p>рассчитывать сложные термодинамические циклы холодильных и теплосиловых установок;</p> <p>рассчитывать термодинамические циклы теплосиловых установок;</p> <p>рассчитывать</p>	<p>Контрольная работа №1 «Расчет термодинамических свойств бинарной смеси идеальных газов» (Контрольная работа)</p> <p>Контрольная работа №2 «Расчет термодинамических процессов идеального газа» (Контрольная работа)</p> <p>Расчетное задание №1 «Расчет произвольного термодинамического цикла, состоящего из пяти различных процессов, совершаемых идеальным газом » (Домашнее задание)</p> <p>Контрольная работа №3 «Определение термодинамических свойств и расчет процессов воды и водяного пара» (Контрольная работа)</p> <p>Контрольная работа 4 «Расчет процессов в суживающихся соплах и соплах Лаваля» (Контрольная работа)</p> <p>Контрольная работа 5 «Расчет простых циклов холодильных и теплонасосных установок» (Контрольная работа)</p> <p>Расчетное задание 2 «Расчет сложных термодинамических циклов» (Домашнее задание)</p> <p>Контрольная работа 6 «Расчет термодинамических циклов паротурбинных и газотурбинных установок» (Контрольная работа)</p> <p>Защита лабораторных работ тестированием (Тестирование)</p>

		термодинамические циклы холодильных и теплонасосных установок рассчитывать произвольные термодинамические циклы идеального газа и оценивать их эффективность экспериментально определять термодинамические характеристики процессов идеального газа, влажного воздуха, воды и водяного пара.	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

5 семестр

КМ-1. Контрольная работа №1 «Расчет термодинамических свойств бинарной смеси идеальных газов»

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Раздается каждому студенту свой вариант контрольной работы, в которой содержится 2 задачи. При выполнении контрольной работы разрешается пользоваться только калькулятором и справочными таблицами для идеального газа.

Краткое содержание задания:

Контрольная точка направлена на освоение знаний по расчету термодинамических свойств бинарной смеси идеальных газов.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные законы термодинамики и условия их применения	1. В смеси кислорода и окиси углерода при температуре 50 0С парциальное давление кислорода равно 0,3 МПа. Определить полное давление и ее удельный объем, если мольная доля окиси углерода равна 0,4.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-2. Контрольная работа №2 «Расчет термодинамических процессов идеального газа»

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Раздается каждому студенту свой вариант контрольной работы, в которой содержится 2 задачи. При выполнении контрольной

работы разрешается пользоваться только калькулятором и справочными таблицами для идеального газа.

Краткое содержание задания:

Контрольная точка направлена на освоение знаний 1-го закона термодинамики, расчета изопроцессов идеальных газов, построение процессов идеальных газов в p - v , p - T , v - T диаграммах.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы расчета термодинамических свойств и процессов идеального газа	1. Воздух, занимающий при температуре $t_1 = 1301,67$ $^{\circ}\text{C}$ и давлении p_1 равном 2250,18 мм. рт. ст. объем 0,1 м ³ , расширяется обратимо адиабатно до объема 0,3 м ³ . Определить конечное давление газа и совершенную им работу.
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-3. Контрольная работа №3 «Определение термодинамических свойств и расчет процессов воды и водяного пара»

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа выполняется в течение пары в аудитории. При написании контрольной работы можно пользоваться калькулятором и таблицами свойств воды и водяного пара Александрова А.А.

Краткое содержание задания:

Контрольная точка направлена на освоение знаний о термодинамических свойствах и процессах воды и водяного пара, построение процессов в p - v , p - T , v - T диаграммах.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: способы определения свойств и методы расчета термодинамических процессов реального газа	1.1. Заданы параметры : $P=120$ бар, $x=0.7$. Определить состояние и найти v, h, s, u ; показать это состояние на p, v -, p, T - и T, s - диаграммах. 2. Определить состояние и найти удельный объем пара при $t=200$ $^{\circ}\text{C}$ и $s = 6$ кДж/кг·К Показать состояние на T, s -, p, v -, p, T -, h, s – диаграммах.
--	---

	<p>3. Состояние задано параметрами: $p = 40$ кПа, $t = 80^\circ\text{C}$. Определить это состояние, найти v, h, s, u; показать это состояние на p,v-, p,T-, T,s-диаграммах.</p> <p>4. В котел входит вода при $P_1 = 120$ бар и $t_1 = 250$ 0С и выходит из него пар при параметрах $P_2 = 100$ бар, $t_2 = 600$ 0С. Найти теплоту, подводимую к 1кг. пара. Представить процесс в p,v, T,s, h,s и p,t – диаграммах.</p>
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-4. Расчетное задание №1 «Расчет произвольного термодинамического цикла, состоящего из пяти различных процессов, совершаемых идеальным газом»

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам выдается задание со сроком исполнения 4 недели. По истечению срока студент должен сдать преподавателю полностью оформленное задание на листах форматом А4 с подробным расчетом каждого процесса и оформленными в масштабе диаграммами

Краткое содержание задания:

Контрольная точка направлена на освоение знаний процессов, совершаемых идеальным газом. В качестве расчетного задания предлагается выполнить расчет термодинамического цикла, совершаемого идеальным газом и состоящего из пяти процессов – изохорного, изобарного, изотермического, адиабатного и политропного процессов. Особенностью расчета процессов идеального газа в курсе Термодинамика, в отличие от расчета аналогичных процессов, изучаемых в курсе физики, является использование специальной методики, позволяющей учитывать зависимость теплоемкости идеального газа от температуры. Такая методика обеспечивает точный (инженерный) расчет процессов и циклов идеального газа. При этом расчеты выполняются с помощью специальных таблиц, содержащих значения удельной внутренней энергии, энтальпии и энтропии, рассчитанных с учетом зависимости теплоемкости от температуры

Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: рассчитывать произвольные термодинамические циклы идеального газа и оценивать их эффективность</p>	<p>1. Цикл состоит из следующих процессов: 1-2 $n = \text{const}$ 2-3 $v = \text{const}$ 3-4 $s = \text{const}$ 4-5 $t = \text{const}$ 5-1 $p = \text{const}$ Рабочее тело - двуокись углерода. Для расчета цикла заданы следующие величины: $P_1 = 0,8$ бар, $t_1 = 10$ °С, $P_2 = 3,5$ бар, $p_3 = 4,4$ бар, $t_4 = 630$ °С. Показатель политропы процесса $n = 2,4$. Рассчитать: 1) параметры (p, v, T) в каждой точке цикла и функции состояния (u, h, s); 2) теплоту, работу расширения, изменение внутренней энергии, энтальпии и энтропии для каждого процесса. Рассчитать это же за весь цикл; 3) термический коэффициент полезного действия цикла. Газ считать идеальным, его теплоемкость – зависящей от температуры, процессы – обратимыми. Представить две сводные таблицы: первая – параметров и функций состояния для каждой точки цикла, и вторая – для теплоты, работы, $\Delta U, \Delta h, \Delta s$ и $T_{\text{ср}}$ для всех процессов. Представить цикл в масштабе в $p-v$ и $T-s$ диаграммах. Для вычерчивания цикла при необходимости рассчитать несколько промежуточных точек. Считать, что $s = 0$ при $T_0 = 273,15$ К и $p_0 = 0,1$ Мпа.</p>
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-5. Контрольная работа 4 «Расчет процессов в суживающихся соплах и соплах Лавалья»

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа рассчитана на 2 часа. Каждому студенту раздается свой вариант билета. Разрешается пользоваться только калькулятором и таблицами свойств газов и водяного пара.

Краткое содержание задания:

Контрольная точка направлена на освоение знаний о процессах в суживающих соплах и соплах Лавалья, построение h_s - и T_s - диаграмм истечения из сопел.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы расчета обратимых и необратимых процессов в потоке идеального и реального газа;	1.1. Водяной пар при давлении $p_1 = 5,5$ МПа и температуре $t_1 = 450^\circ\text{C}$ поступает к соплу Лавалья. Давление за соплом $p_{ср} = 1,0$ МПа. Определить скорость пара на выходе из сопла и расход пара, если площадь минимального сечения сопла $f_{\text{мин}} = 75$ мм ² . Представить процесс в h_s - диаграмме. 2. Воздух при давлении $p_1 = 1$ МПа и температуре $t_1 = 450^\circ\text{C}$ поступает со скоростью $w_1 = 140$ м/с к суживающимся соплам. Давление за соплами $p_{ср} = 0,2$ МПа. Определить расход воздуха и его температуру на выходе из сопла. Площадь выходного сечения сопла $f_2 = 130$ мм ² . Скоростной коэффициент сопла $\varphi = 0,92$. Представить процесс в T_s - диаграмме.
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

6 семестр

КМ-6. Контрольная работа 5 «Расчет простых циклов холодильных и теплонасосных установок»

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам выдаются билеты с индивидуальными вариантами контрольной работы. В течении пары студенты должны рассчитать задачи, при этом разрешается пользоваться только калькулятором и таблицами термодинамических свойств идеального газа и свойств хладагентов.

Краткое содержание задания:

Контрольная точка направлена на освоение знаний по расчету простых циклов холодильных и теплонасосных установок.

Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: рассчитывать термодинамические циклы холодильных и теплонасосных установок</p>	<p>1. Определить мощность привода, количество теплоты, передаваемой в окружающую среду, расход хладагента – аммиака, холодильный коэффициент и эксергетический КПД парокомпрессионной холодильной установки холодопроизводительностью 250 кДж/с. Температура в холодильной камере равна -13°C, окружающей среды 20°C, внутренний относительный КПД компрессора 0,86. Минимальная разность температур в теплообменниках между греющей и нагреваемой средами $4,9^{\circ}\text{C}$.</p>
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-7. Контрольная работа 6 «Расчет термодинамических циклов паротурбинных и газотурбинных установок»

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа выполняется в течение двух часов в аудитории. При написании контрольной работы можно пользоваться калькулятором и таблицами свойств газов, воды и водяного пара.

Краткое содержание задания:

Контрольная точка направлена на освоение знаний о расчете термодинамических циклов паротурбинных и газотурбинных установок

Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: рассчитывать термодинамические циклы теплосиловых установок;</p>	<p>1. Определить термический и внутренний КПД цикла, мощность ГТУ, количество отведенной и подведенной теплоты, если $t_1=20^{\circ}\text{C}$, $p_1=100\text{ кПа}$, $p_2=600\text{ кПа}$, $t_3=700^{\circ}\text{C}$, $h_{oiT}=0.9$; $h_{oiK}=0.85$; $m=2 \cdot 10^5\text{ кг/ч}$. Продукты сгорания считать идеальным газом, обладающим свойствами воздуха.</p>
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-8. Расчетное задание 2 «Расчет сложных термодинамических циклов»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Расчетное задание выдается студентам на дом - срок выполнения 4 недели

Краткое содержание задания:

Контрольная точка направлена на освоение знаний о расчете сложных термодинамических циклов. В качестве расчетного задания предлагается выполнить расчет сложного термодинамического цикла: каскадного, многоступенчатого цикла холодильной установки или бинарного цикла одноконтурной парогазовой установки. Должны быть определены основные характеристики установок и их эффективность (кпд). Расчет производится с помощью таблиц термодинамических свойств хладагентов, газов и водяного пара.

Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: рассчитывать сложные термодинамические циклы холодильных и теплосиловых установок;</p>	<p>1. Рассчитать термодинамический цикл двухступенчатой парокompрессионной холодильной установки холодопроизводительностью 40 кДж/с при температуре в холодильной камере $t_{хол1} = -33\text{ }^{\circ}\text{C}$ и 100 кДж/с при $t_{хол2} = -9,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Хладагент – фреон R22. Температура окружающей среды $14,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Адиабатный КПД компрессоров 0,87. Минимальная разность температур в теплообменниках между греющей и нагреваемой средами равна $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Далее определить следующее:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Параметры (p, T, h, s, x) хладагента во всех характерных точках цикла и представить их в табличной форме. 2. Мощность привода компрессоров, количество теплоты, отданной в окружающую среду за единицу времени и эксергетический КПД установки. 3. Массовые расходы хладагента во всех линиях схемы (указать на схеме).
--	---

	4. Изобразить принципиальную схему установки и цикл в T,s – диаграмме.
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-9. Защита лабораторных работ тестированием

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: За определенное время студенту надо ответить на 5 вопросов - выбрать правильный ответ из предложенных. За каждый правильный ответ - студент получает 1 балл, если студент ответил со второй попытки, то получает 0,5 балла. Минимальный проходной балл для защиты тестированием - 3,5. При получении при тестировании меньше 3,5, предоставляется право через несколько дней на повторное тестирование. После защиты всех выполненных студентом работ итоговой оценкой за контрольное мероприятие выставляется средне-арифметическая оценка всех тестирований, округленная до целого числа.

Краткое содержание задания:

Контрольная точка направлена на освоение знаний по темам “Обратные термодинамические циклы холодильных и теплонасосных установок”, “Термодинамические циклы теплосиловых установок” и “Избранные главы термодинамики”. Программой курса предусмотрено выполнение 3-х лабораторных работ на стендах Лаборатории Технической термодинамики, выполненных "в железе". При дистанционном обучении используются виртуальные модели этих лабораторных работ. После выполнения лабораторной работы студент в течении двух недель выполняет необходимые расчеты и графические материалы. После проверки оформленного отчета при отсутствии замечаний студент допускается к защите. Тест к каждой лабораторной работе включает 5 вопросов и варианты ответов. Используются разные типы ответов: "один из многих", "несколько из многих", "расположить в порядке возрастания", "поле ввода" и др.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: экспериментально определять термодинамические характеристики процессов идеального газа, влажного воздуха, воды и водяного пара.	1. Выберите тип сопла (суживающееся сопло или сопло Лавалья) для полного использования перепада давлений в трех случаях: а) $p_0 = 10$ бар, $p_{ср} = 6,5$ бар, б) $p_0 = 10$ бар, $p_{ср} = 5,46$ бар,
--	---

	<p>в) $p_0 = 10$ бар, $p_{ср} = 2,5$ бар. $(p_0, p_{ср}$ - давления пара перед соплом и за ним; $\beta_{кр} = 0,546$).</p> <p>1. а) суживающее, б) Лаваля, в) Лаваля 2. а) Лаваля, б) суживающее, в) суживающее 3. а) Лаваля, б) суживающее, в) Лаваля 4. а) суживающее, б) суживающее, в) Лаваля 5. а) Лаваля б) Лаваля, в) суживающее Ответ: 4</p>
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 100

Описание характеристики выполнения знания: 5 правильных ответов

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: 4 правильных ответа

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: 3 правильных ответа

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Первый закон термодинамики. Формулировки. Аналитические выражения первого закона термодинамики.
2. Уравнение Ван - дер - Ваальса. Изотермы Ван - дер - Ваальса в p, v - диаграмме. Правило Максвелла.
3. При изотермическом сжатии 1кг водяного пара его объем уменьшился в 5 раз. Определить теплоту и работу процесса, если в начальном состоянии $p_1 = 1$ МПа, $t_1 = 200^\circ\text{C}$. Представить процесс в p, v -, p, T -, T, s - и h, s - диаграммах.

Процедура проведения

Промежуточная аттестация по дисциплине в форме экзамена проводится в период экзаменационной сессии. Экзамен проводится в устной форме. Студенту на подготовку к билету отводится время 60 мин. Время опроса обучающегося не более 30 мин. Экзаменатор оценивает объем ответа по билету, вправе задать обучающемуся дополнительные теоретические и практические вопросы из перечня вопросов дисциплины. Студент может пользоваться рабочей программой дисциплины, калькулятором и справочной литературой.

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-2} Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и применяет их для расчетов термодинамических процессов в элементах энергетических систем различного назначения

Вопросы, задания

1. Первый закон термодинамики для потока вещества, вывод формулы. Работа расширения и техническая работа.
2. Уравнение состояния в вириальной форме. Вириальные коэффициенты, z, p - диаграмма реального газа. Вычисление второго вириального коэффициента по экспериментальным данным.
3. Политропный процесс. Формулы соотношения параметров в политропном процессе идеального газа. Работа политропного процесса. Политропные процессы в p, v - диаграмме.
4. Смеси газов. Способы задания смеси и их взаимный пересчет, кажущаяся молекулярная масса и газовая постоянная смеси.
5. Изохорная теплоёмкость реального и идеального газа.
6. Формулировки второго закона термодинамики. Обратимые и необратимые процессы, причины необратимости, условие обратимости процессов.
7. Правило фаз Гиббса.
8. Энергия Гельмгольца, как характеристическая функция.
9. Вторая теорема Карно.
10. Соотношение между работой цикла, подведенной и отведенной теплотой. КПД прямого цикла. Прямой обратимый цикл Карно и его КПД.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. По какой формуле рассчитывается теплота в изохорном процессе 1-2?

Ответы:

1. $q = T_1 (s_2 - s_1)$ 2. $q = T_2 (s_2 - s_1)$ 3. $q = h_2 - h_1$ 4. $q = u_2 - u_1$ 5. $q = v (p_2 - p_1)$

Верный ответ: 4

2. Как изменяются параметры водяного пара (давление p , энтальпия h , энтропия s) в процессе его течения через суживающееся сопло с коэффициентом скорости $\varphi=0,9$?

Ответы:

1. p – уменьшается 2. p – увеличивается 3. p – не изменяется 4. h – уменьшается 5. h – увеличивается 6. h – не изменяется 7. s – уменьшается 8. s – увеличивается 9. s – не изменяется

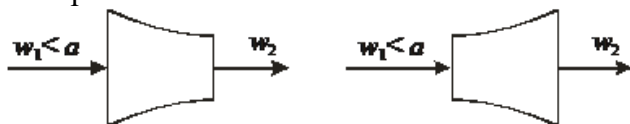
Верный ответ: 1 4 8

3. Как изменяются параметры водяного пара (давление p , энтальпия h , энтропия s) в процессе его течения через суживающееся сопло с коэффициентом скорости $\varphi=1$?

Ответы:

1. p – уменьшается 2. p – увеличивается 3. p – не изменяется 4. h – уменьшается 5. h – увеличивается 6. h – не изменяется 7. s – уменьшается 8. s – увеличивается 9. s – не изменяется

Верный ответ: 1 4 9



4.

На рисунке изображены два канала: суживающийся и расширяющийся. Как они называются?

(w_1 – скорость пара на входе в канал, a – местная скорость звука).

Ответы:

1. Слева – сопло, справа – сопло 2. Слева – сопло, справа – диффузор 3. Слева – диффузор, справа – сопло 4. Слева – диффузор, справа – диффузор 5. Определенно ответить нельзя

Верный ответ: 2

5. Как изменяются по длине сопла скорость w и массовый расход m пара?

Ответы:

1. w уменьшается 2. w увеличивается 3. w не изменяется 4. m уменьшается 5. m увеличивается 6. m не изменяется

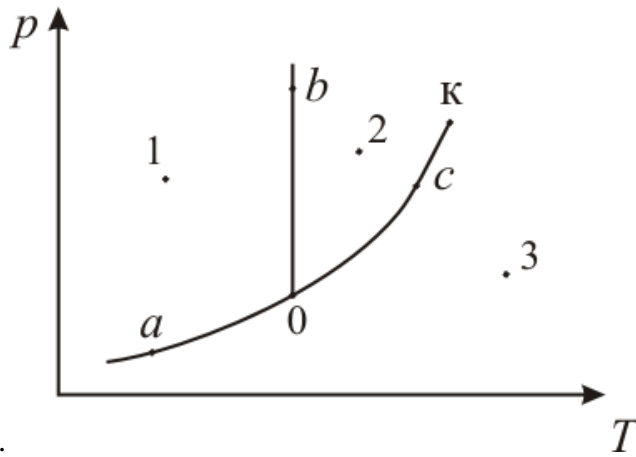
Верный ответ: 2 6

6. Мольная изобарная теплоемкость воздуха ($\mu = 29$ кг/кмоль) равна 30 кДж/(кмоль·К). Рассчитайте удельную изохорную теплоемкость воздуха в кДж/(кг·К) и введите ее в «поле ввода», результат округлите до $0,01$ кДж/(кг·К).

Ответы:

Задача

Верный ответ: 0,75



7. Укажите точку на фазовой p, T -диаграмме, где вещество имеет жидкое состояние: т.1, т.2, т.3, т.а, т.б, т.с, т.0, т.К..
т.К - критическая точка

Ответы:

Рисунок

Верный ответ: т.2

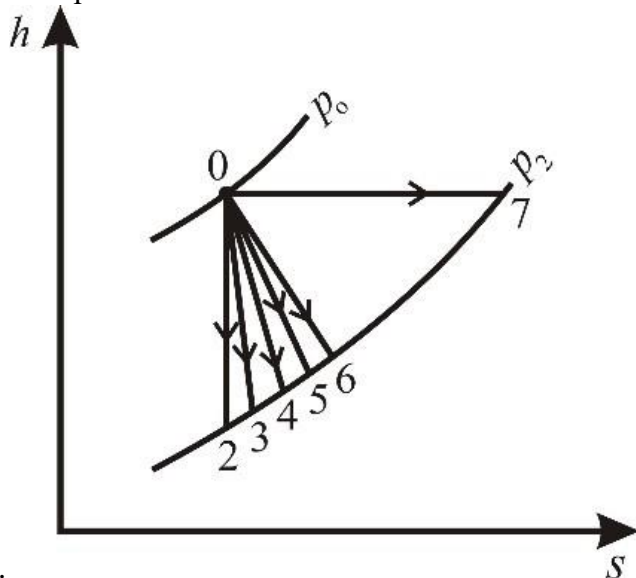
- 8.Какая из величин входит в выражение 1-го закона термодинамики для потока вещества?

(u – внутренняя энергия, T – температура, v – удельный объем, s – энтропия, $l_{техн}$ – техническая работа)

Ответы:

1. du 2. dT 3. dv 4. ds 5. $l_{техн}$

Верный ответ: 5



9. На h, s -диаграмме показаны адиабатные процессы течения пара. Какой из процессов является процессом адиабатного дросселирования? Укажите номер правильного ответа.

Ответы:

- 1.0-2 2.0-3 3.0-4 4.0-5 5.0-6 6.0-7

Верный ответ: 6

- 10.Чему равна теплота парообразования " r " H_2O в критической точке?

Ответы:

1. $r = 2500,9$ кДж/кг 2. $r = 2256,5$ кДж/кг 3. $r = 2257,5$ кДж/кг 4. $r = 1317,6$ кДж/кг 5. $r = 0$

Верный ответ: 5

- 11.От каких величин зависит температура насыщения водяного пара?

Ответы:

1.от давления и удельного объема 2.только от давления 3.только от плотности 4.не зависит ни от чего, является постоянной величиной 5.зависит от давления и условий подвода тепла

Верный ответ: 2

12.Какое соотношение является выражением 2-го закона термодинамики для необратимых процессов?

Ответы:

1. $du = dq + dl$ 2. $dq = du + dl$ 3. $dl = dq + du$ 4. $dq < Tds$ 5. $dq = Tds$ 6. $dq > Tds$

Верный ответ: 4

13.Какое соотношение является выражением 2-го закона термодинамики для обратимых процессов?

Ответы:

1. $du = dq + dl$ 2. $dq = du + dl$ 3. $dl = dq + du$ 4. $dq < Tds$ 5. $dq = Tds$ 6. $dq > Tds$

Верный ответ: 5

14.Какое соотношение является выражением 1-го закона термодинамики?

Ответы:

1. $du = dq + dl$ 2. $dq = du + dl$ 3. $dl = dq + du$ 4. $dq < Tds$ 5. $dq = Tds$ 6. $dq > Tds$

Верный ответ: 2

15.Что такое степень сухости водяного пара?

Ответы:

1.отношение массы кипящей жидкости к массе сухого насыщенного пара 2.отношение объема, занимаемого паром, к суммарному объему жидкости и пара 3.отношение массы жидкости к суммарной массе жидкости и пара 4.отношение массы сухого насыщенного пара к суммарной массе жидкости и пара 5.отношение объема пара к объему жидкости

Верный ответ: 4

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом принципиальные ошибки.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

6 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Теплофикационный цикл ГТУ (цикл ГТУ-ТЭЦ). Схема и цикл T,s - диаграмме. КПД котла-утилизатора, коэффициент использования теплоты и эксергетический КПД ГТУ-ТЭЦ.
2. Определить количество теплоты, передаваемое тепловому потребителю, мощность привода, массовый расход рабочего тела – фреона R134a, отопительный коэффициент и эксергетический КПД теплонасосной парокомпрессионной установки, если из окружающей среды забирается 10 кДж теплоты в секунду. Давление фреона в конденсаторе равно 2,0 МПа, в испарителе 0,261 МПа. Адиабатный КПД компрессора 0,85. Минимальная разность температур в теплообменниках между греющей и нагреваемой средами 5°C. Представить цикл в T, s – диаграмме.

Процедура проведения

Промежуточная аттестация по дисциплине в форме экзамена проводится в период экзаменационной сессии. Экзамен проводится в устной форме. Студенту на подготовку к билету отводится время 60 мин. Время опроса обучающегося не более 30 мин. Экзаменатор оценивает объем ответа по билету, вправе задать обучающемуся дополнительные теоретические и практические вопросы из перечня вопросов дисциплины. Студент может пользоваться рабочей программой дисциплины, калькулятором и справочной литературой.

I. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1ПК-2 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и применяет их для расчетов термодинамических процессов в элементах энергетических систем различного назначения

Вопросы, задания

1. Теплофикационные циклы ПТУ (циклы ПТУ-ТЭЦ): Идея теплофикационных циклов ПТУ. ТЭЦ с турбиной типа Р (турбина с противодавлением). Принципиальная схема, цикл в T,s - диаграмме, критерии эффективности ТЭЦ.
2. Определить мощность привода, массовый расход рабочего тела – фреона-242b, отопительный коэффициент и эксергетический КПД теплонасосной парокомпрессионной установки, которая передает тепловому потребителю 6,0 кДж/с теплоты. Определить также теплоту, переданную фреону из окружающей среды за 1 секунду. Температура теплоприёмника 50°C, окружающей среды 10°C. Внутренний относительный КПД компрессора 0,87. Минимальная разность температур в теплообменниках между греющей и нагреваемой средами равна 5,9°C.
3. ТЭЦ с турбиной типа Р (турбина с противодавлением). Схема, цикл в T,s - диаграмме, коэффициент использования теплоты топлива, отопительный коэффициент. Сравнение расхода топлива при комбинированном и отдельном производстве электроэнергии и теплоты.

4. Циклы холодильных установок. Основные понятия. Холодопроизводительность, работа, холодильный коэффициент и эксергетический КПД установки. Обратный обратимый цикл Карно – цикл холодильной установки. Цикл в T, s - диаграмме. Холодильный коэффициент и эксергетический КПД цикла.

5. Принципиальная схема и цикл ПТУ на перегретом паре в T, s - диаграмме. Влияние начальных (давление и температура) и конечных (давление) параметров пара на КПД цикла ПТУ.

6.

1. Влияние температуры и давления пара перед турбиной и давления пара за турбиной на термический КПД цикла Ренкина.
- 2.

7. Схема и цикл воздушной холодильной установки с регенерацией. Холодопроизводительность, работа цикла, холодильный коэффициент и эксергетический КПД установки.

8. Теплофикационные циклы ПТУ с отборами пара из турбины. Произведенная работа и отпущенная теплота. Коэффициент использования теплоты и отопительный коэффициент этих циклов.

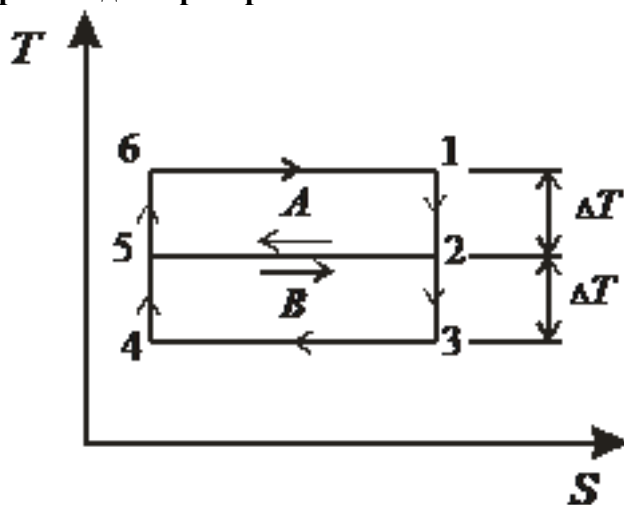
9.

1. Обратные циклы теплонасосных установок. Обратный обратимый цикл Карно - цикл теплонасосной установки. Изображение цикла в T, s - диаграмме. Основные характеристики.
- 2.

10.

Принципиальная схема и цикл АЭС с сепаратором – пароперегревателем (СПП). Схема и цикл в T, s - диаграмме, процессы в h, s - диаграмме, удельная работа и КПД цикла.

Материалы для проверки остаточных знаний



1.

Сравните удельные работы (l_A, l_B, l_C) и термические КПД (η_A, η_B, η_C) трех обратимых термодинамических циклов: цикла A (1-2-5-6-1), цикла B (2-3-4-5-2) и цикла C (1-3-4-6-1).

Ответы:

1. $I_A = I_B = I_C$ 2. $I_A = I_B > I_C$ 3. $I_A = I_B < I_C$ 4. $I_A < I_B < I_C$ 5. $I_A > I_B > I_C$ 6. $\eta_A = \eta_B = \eta_C$
 7. $\eta_A = \eta_B > \eta_C$ 8. $\eta_A = \eta_B < \eta_C$ 9. $\eta_A < \eta_B < \eta_C$ 10. $\eta_A > \eta_B > \eta_C$

Верный ответ: 3 9

2. В прямом обратимом цикле Карно теплота подводится к рабочему телу при температуре 500°C , а отводится при 30°C . Определите термический КПД цикла Карно. Ответ введите в процентах, результат округлите до 0,1%.

Ответы:

Задача

Верный ответ: 60,8

3. Укажите последовательно агрегаты, через которые проходит вода и водяной пар паротурбинной установки

Ответы:

1. турбина – насос – дроссель – насос 2. турбина – компрессор – насос – котельная установка 3. турбина – конденсатор – насос – котельная установка 4. турбина – парогенератор – конденсатор – насос 5. турбина – компрессор – дроссель – котельная установка

Верный ответ: 3

4. В каком соотношении находятся удельные работы турбины (I_T) и насоса (I_N) в цикле Ренкина?

Ответы:

1. $I_T \ll I_N$ 2. $I_T = (0,2 - 0,5) \cdot I_N$ 3. $I_T \approx I_N$ 4. $I_T = (2 - 5) \cdot I_N$ 5. $I_T \gg I_N$ 6. ответ неопределенный: может быть $I_T > I_N$, а может $I_T < I_N$

Верный ответ: 5

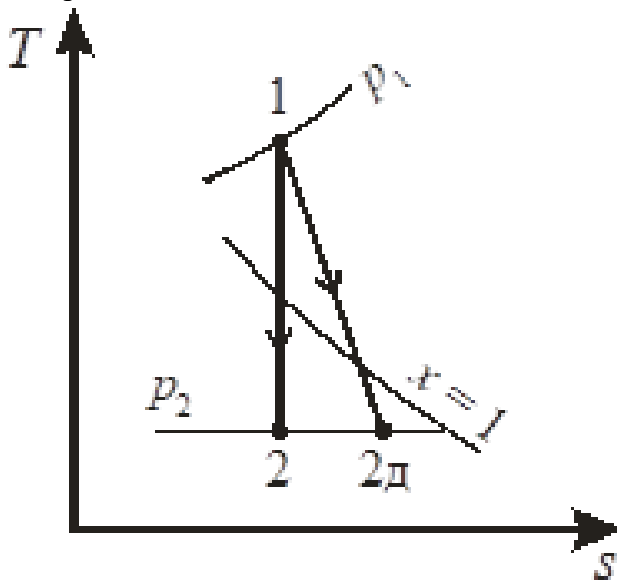
5. Какие параметры рабочего тела достаточно знать, чтобы определить термический КПД цикла Ренкина на перегретом паре?

Состояния 1 и 2 – до и после турбины, 2' и 3 – до и после насоса.

Ответы:

1. p_1, p_2 2. T_1, T_2 3. p_1, T_1, p_2 4. T_1, T_2, T_2', T_3 5. p_1, T_1, p_2, T_2, p_3 6. p_1, T_1, p_2, p_3, T_3

Верный ответ: 3



6.

Как определяется внутренний относительный КПД паровой турбины?

Ответы:

1. $\eta = h_{2д}/h_2$ 2. $\eta = (h_{2д} - h_2)/(h_1 - h_2)$ 3. $\eta = (h_1 - h_{2д})/(h_1 - h_2)$ 4. $\eta = (h_1 - h_2)/(h_1 - h_{2д})$ 5. $\eta = (h_2 - h_1)/(h_{2д} - h_1)$

Верный ответ: 3

7. Какое соотношение нужно использовать для расчета внутреннего КПД необратимого цикла Ренкина?

l_t, l_n – удельные работы турбины и насоса в обратимых процессах;
 η_t, η_n – внутренние относительные КПД турбины и насоса;
 q_1, q_2 – подведенная к циклу и отведенная от него теплота.

Ответы:

1. $\eta_i = (l_t \cdot \eta_t + l_n \eta_n)/q_1$ 2. $\eta_i = (l_t/\eta_t + l_t/\eta_n)/q_2$ 3. $\eta_i = (l_t \cdot \eta_t + l_n/\eta_n)/q_1$ 4. $\eta_i = (l_t \cdot \eta_t - l_n/\eta_n)/q_2$ 5. $\eta_i = (l_t \cdot \eta_t - l_n/\eta_n)/q_1$

Верный ответ: 5

8. Мощность газовой турбины газотурбинной установки (ГТУ) 45 МВт, а воздушного компрессора 20 МВт. С уходящими из газовой турбины газами теряется 47 МДж/с теплоты. Определите КПД ГТУ. Ответ введите в процентах с точностью до 0,1%.

Ответы:

Задача

Верный ответ: 34,7

9. В каком соотношении находятся удельные работы турбины (l_t) и компрессора (l_k) в цикле простой ГТУ?

Ответы:

1. $l_t \ll l_k$ 2. $l_t \approx (0,2 - 0,5) \cdot l_k$ 3. $l_t \approx l_k$ 4. $l_t \approx 2 l_k$ 5. $l_t \gg l_k$ 6. ответ неопределенный: может быть $l_t > l_k$, а может $l_t < l_k$

Верный ответ: 4

10. Какие значения холодильного коэффициента ε могут быть в циклах холодильных установок? Выберите наиболее точный ответ.

Ответы:

1. $\varepsilon < -1$; 2. $-1 < \varepsilon < 0$; 3. $0 < \varepsilon < 0,5$; 4. $0 < \varepsilon < 1,0$; 5. $\varepsilon > 0$;

Верный ответ: 5

11. Какие агрегаты используются в схемах парокompрессионных холодильных и теплонасосных установок?

Укажите номера правильных ответов.

Ответы:

1. Дроссель 2. Насос 3. Конденсатор 4. Компрессор 5. Турбина

Верный ответ: 1 3 4

12. Определить максимально возможную холодопроизводительность холодильной установки, обеспечивающей в холодильной камере температуру -15°C при температуре окружающей среды 20°C . Мощность привода установки 3 кВт. Ответ введите в кДж/с, результат округлите до 0,1 кДж/с.

Ответы:

Задача

Верный ответ: 21,2

13. Определить минимально возможный уровень потребляемой мощности холодильной установкой холодопроизводительностью 40 кДж/с, обеспечивающей в холодильной камере температуру -20°C при температуре окружающей среды 20°C . Ответ введите в кВт, результат округлите до 0,1 кВт.

Ответы:

Задача

Верный ответ: 6,3

14. Какие значения отопительного коэффициента $k_{от}$ могут быть в циклах теплонасосных установок? Выберите наиболее точный ответ.

Ответы:

1. $k_{от} < -1$; 2. $-1 < k_{от} < 0$; 3. $0 < k_{от} < 0,5$; 4. $0 < k_{от} < 1,0$; 5. $k_{от} > 1,0$;

Верный ответ: 5

15. Для поддержания температуры воздуха в помещении на уровне 23°C (при температуре окружающей среды 0°C) установка должна обеспечить подвод к нему 13

кДж/с теплоты. Определите минимально возможное значение мощности, которую будет потреблять эта установка. Ответ введите в кВт, результат округлите до 0,1 кВт.

Ответы:

Задача

Верный ответ: 1,0

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.