

**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  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

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

В.С. Охотин

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

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

А.С.  
Дмитриев

Заведующий  
выпускающей кафедрой

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

Ю.Ю.  
Пузина

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

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | <p>идеального газа, влажного воздуха, воды и водяного пара.</p> <p>рассчитывать произвольные термодинамические циклы идеального газа и оценивать их эффективность</p> <p>рассчитывать термодинамические циклы холодильных и теплонасосных установок</p> <p>рассчитывать термодинамические циклы теплосиловых установок;</p> |  |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

## **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 °С 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

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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 $t_1 = 1301,67$ °Ra и давлении $p_1$ равном 2250,18 мм. рт. ст. объем 0,1 м <sup>3</sup> , расширяется обратимо адиабатно до объема 0,3 м <sup>3</sup> . 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

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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 | 1.1. Заданы параметры : $P=120$ бар, $x=0.7$ . |
|----------------------------|------------------------------------------------|

|                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| свойств и методы расчета термодинамических процессов реального газа | <p>Определить состояние и найти <math>v, h, s, u</math>; показать это состояние на <math>p, v</math>-, <math>p, T</math>- и <math>T, s</math>- диаграммах.</p> <p>2. Определить состояние и найти удельный объем пара при <math>t = 200\text{ }^{\circ}\text{C}</math> и <math>s = 6\text{ кДж/кг}\cdot\text{К}</math>. Показать состояние на <math>Ts, p, v, pt, hs</math> – диаграммах.</p> <p>3. Состояние задано параметрами: <math>p = 40\text{ кПа}</math>, <math>t = 80^{\circ}\text{C}</math>. Определить это состояние, найти <math>v, h, s, u</math>; показать это состояние на <math>p, v</math>-, <math>p, T</math>-, <math>T, s</math>- диаграммах.</p> <p>4. В котел входит вода при <math>P_1 = 120\text{ бар}</math> и <math>t_1 = 250\text{ }^{\circ}\text{C}</math> и выходит из него пар при параметрах <math>P_2 = 100\text{ бар}</math>, <math>t_2 = 600\text{ }^{\circ}\text{C}</math>. Найти теплоту, подводимую к 1 кг. пара.<br/>Представить процесс в <math>p, v, Ts, hs</math> и <math>pt</math> – 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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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:<br/> 1-2 <math>n = \text{const}</math><br/> 2-3 <math>v = \text{const}</math><br/> 3-4 <math>s = \text{const}</math><br/> 4-5 <math>t = \text{const}</math><br/> 5-1 <math>p = \text{const}</math><br/> Рабочее тело - двуокись углерода.<br/> Для расчета цикла заданы следующие величины:<br/> <math>P_1 = 0,8</math> бар, <math>t_1 = 10</math> °C, <math>P_2 = 3,5</math> бар, <math>p_3 = 4,4</math> бар, <math>t_4 = 630</math> °C.<br/> Показатель политропы процесса <math>n = 2,4</math>.<br/> Рассчитать:<br/> 1) параметры (<math>p</math>, <math>v</math>, <math>T</math>) в каждой точке цикла и функции состояния (<math>u</math>, <math>h</math>, <math>s</math>);<br/> 2) теплоту, работу расширения, изменение внутренней энергии, энтальпии и энтропии для каждого процесса. Рассчитать это же за весь цикл;<br/> 3) термический коэффициент полезного действия цикла.<br/> Газ считать идеальным, его теплоемкость – зависящей от температуры, процессы – обратимыми.<br/> Представить две сводные таблицы: первая – параметров и функций состояния для каждой точки цикла, и вторая – для теплоты, работы, <math>\Delta U</math>, <math>\Delta h</math>, <math>\Delta s</math> и <math>T_{\text{ср}}</math> для всех процессов.<br/> Представить цикл в масштабе в <math>p</math>-<math>v</math> и <math>T</math>-<math>s</math> диаграммах.<br/> Для вычерчивания цикла при необходимости рассчитать несколько промежуточных точек.<br/> Считать, что <math>s = 0</math> при <math>T_0 = 273,15</math> К и <math>p_0 = 0,1</math> Мпа.</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения задания: 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 задания: 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

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

#### **КМ-5. Контрольная работа 4 «Расчет процессов в суживающихся соплах и соплах Лаваля»**

**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 суживающихся соплах и соплах Лаваля, построение  $h_s$ - и  $T_s$ - диаграмм истечения из сопл.

#### **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 Лаваля. 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 <sup>2</sup> . Представить процесс в $h_s$ - диаграмме.<br>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 <sup>2</sup> . Скоростной коэффициент сопла $\phi = 0,92$ . 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

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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:**

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: рассчитывать термодинамические циклы холодильных и теплонасосных установок | 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°C. |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### **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

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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:**

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

### **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

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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 парокомпрессионной холодильной установки холодопроизводительностью 40 кДж/с при температуре в холодильной камере <math>t_{\text{хол1}} = -33^\circ\text{C}</math> и 100 кДж/с при <math>t_{\text{хол2}} = -9,7^\circ\text{C}</math>. Хладагент – фреон R22. Температура окружающей среды <math>14,6^\circ\text{C}</math>. Адиабатный КПД компрессоров 0,87. Минимальная разность температур в теплообменниках между греющей и нагреваемой средами равна <math>5^\circ\text{C}</math>. Далее определить следующее:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Параметры (<math>p, T, h, s, x</math>) хладагента во всех характерных точках цикла и представить их в табличной форме.</li> <li>2. Мощность привода компрессоров, количество теплоты, отданной в окружающую среду за единицу времени и эксергетический КПД установки.</li> <li>3. Массовые расходы хладагента во всех линиях схемы (указать на схеме).</li> <li>4. Изобразить принципиальную схему установки и цикл в <math>T, s</math> – диаграмме.</li> </ol> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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:

|                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Уметь: экспериментально определять термодинамические характеристики процессов идеального газа, влажного воздуха, воды и водяного пара.</p> | <p>1. Выберите тип сопла (суживающееся сопло или сопло Лавалья) для полного использования перепада давлений в трех случаях:<br/> а) <math>p_0 = 10</math> бар, <math>p_{ср} = 6,5</math> бар,<br/> б) <math>p_0 = 10</math> бар, <math>p_{ср} = 5,46</math> бар,<br/> в) <math>p_0 = 10</math> бар, <math>p_{ср} = 2,5</math> бар.<br/> (<math>p_0, p_{ср}</math> - давления пара перед соплом и за ним; <math>\beta_{кр}=0,546</math>).<br/> 1.а) суживающее, б) Лавалья, в) Лавалья<br/> 2.а) Лавалья, б) суживающее, в) суживающее<br/> 3.а) Лавалья, б) суживающее, в) Лавалья<br/> 4.а) суживающее, б) суживающее, в) Лавалья<br/> 5.а) Лавалья б) Лавалья, в) суживающее<br/> 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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: дано менее трех правильных ответов



# 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<sub>ПК-1</sub> 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

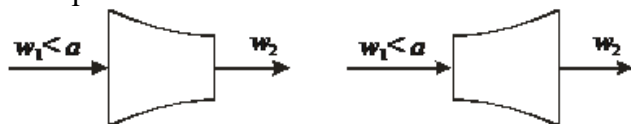
Верный ответ: 1 4 8

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

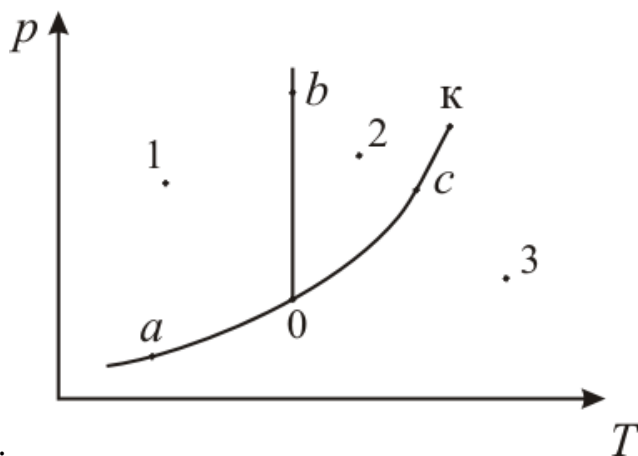
Верный ответ: 2 6

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

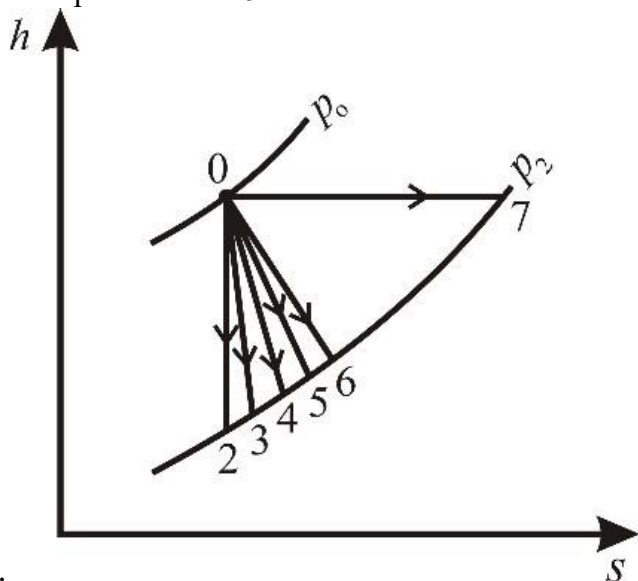
- 8.Какая из величин входит в выражение 1-го закона термодинамики для потока вещества?

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

Ответы:

1. $du$  2. $dT$  3. $dv$  4. $ds$  5. $l_{\text{техн}}$

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 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

Оценка: 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

### **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-1<sub>ПК-1</sub> 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 раздельном 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.

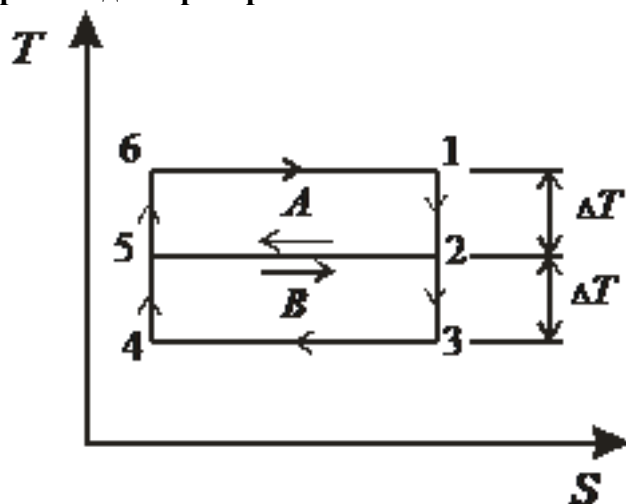
1. Обратные циклы теплонасосных установок. Обратный обратимый цикл Карно - цикл теплонасосной установки. Изображение цикла в  $T,s$ - диаграмме. Основные характеристики.

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 ( $\eta_A$ ,  $\eta_B$ ,  $\eta_C$ ) 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.  $l_A = l_B = l_C$  2.  $l_A = l_B > l_C$  3.  $l_A = l_B < l_C$  4.  $l_A < l_B < l_C$  5.  $l_A > l_B > l_C$  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  $500^\circ\text{C}$ , а отводится при  $30^\circ\text{C}$ . 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 ( $l_T$ ) и насоса ( $l_H$ ) в цикле Ренкина?

Ответы:

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

Верный ответ: 5

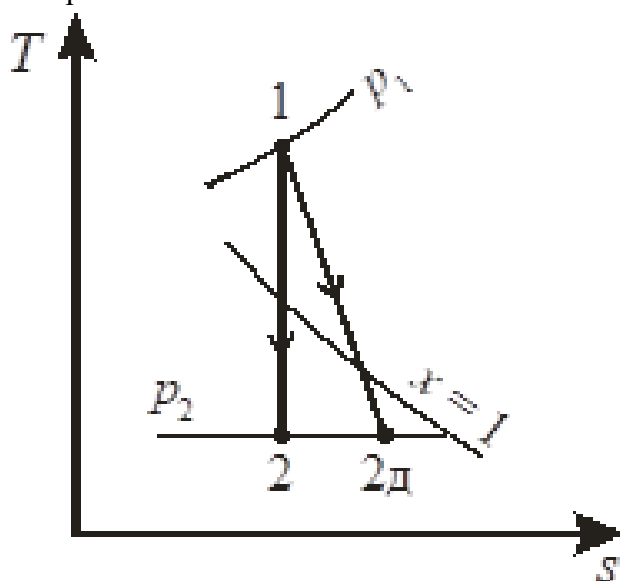
5. Какие параметры рабочего тела достаточно знать, чтобы определить термический КПД цикла Ренкина на перегретом паре?

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;

$\eta_t, \eta_n$  – 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.  $\eta_i = (l_t/\eta_t + l_n/\eta_n)/q_2$  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  $\varepsilon$  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 парокомпрессионных 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  $-15^\circ\text{C}$  при температуре окружающей среды  $20^\circ\text{C}$ . 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  $-20^\circ\text{C}$  при температуре окружающей среды  $20^\circ\text{C}$ . 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.  $\text{кот} < -1$ ; 2.  $-1 < \text{кот} < 0$ ; 3.  $0 < \text{кот} < 0,5$ ; 4.  $0 < \text{кот} < 1,0$ ; 5.  $\text{кот} > 1,0$ ;

Верный ответ: 5

15. Для поддержания температуры воздуха в помещении на уровне  $23^{\circ}\text{C}$  (при температуре окружающей среды  $0^{\circ}\text{C}$ ) 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

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

## **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.