

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

**Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Технология воды и топлива на ТЭС и АЭС**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Техническая термодинамика**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

|  |                                                    |                                |
|--|----------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|  | Владелец                                           | Егорова Н.В.                   |
|  | Идентификатор                                      | R0d5093c1-YegorovaNatV-98b5bbd |

Н.В. Егорова

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

|  |                                                    |                                |
|--|----------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|  | Владелец                                           | Шацких Ю.В.                    |
|  | Идентификатор                                      | R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f |

Ю.В.  
Шацких

Заведующий  
выпускающей кафедрой

|  |                                                    |                                |
|--|----------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|  | Владелец                                           | Шацких Ю.В.                    |
|  | Идентификатор                                      | R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f |

Ю.В.  
Шацких

## 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. ОПК-3 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

ИД-5 Демонстрирует понимание физических явлений и умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач

2. ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

ИД-2 Демонстрирует понимание основ термодинамики, основных законов термодинамики и применяет их для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей

3. РПК-1 Способен определять энергоэффективность теплотехнического оборудования в сфере профессиональной деятельности

ИД-1 Демонстрирует знание базовых принципов энергоэффективности

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Защита задания

1. Зачет по результатам выполнения и защиты лабораторных работ (Тестирование)
2. Расчет цикла на идеально-газовом рабочем веществе (Расчетно-графическая работа)
3. Расчет цикла ПТУ с промежуточным перегревом пара и двумя регенеративными подогревателями (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Истечение идеальных газов и водяного пара из сопел (Контрольная работа)
2. Расчет процессов сжатия в компрессорах, циклов газотурбинных установок, двигателей внутреннего сгорания, холодильных машин и теплонасосных установок (Контрольная работа)
3. Расчет циклов паротурбинных установок (Контрольная работа)
4. Термодинамические свойства и процессы водяного пара (Контрольная работа)
5. Термодинамические свойства и процессы идеального газа (Контрольная работа)
6. Термодинамические свойства и процессы смесей газов (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

3 семестр

| Раздел дисциплины | Веса контрольных мероприятий, % |
|-------------------|---------------------------------|
|-------------------|---------------------------------|

|                                                             | Индекс<br>КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|-------------------------------------------------------------|---------------|------|------|------|------|
|                                                             | Срок КМ:      | 4    | 7    | 12   | 16   |
| Введение. Первый закон термодинамики                        |               |      |      |      |      |
| Основные понятия термодинамики.                             |               | +    |      |      |      |
| Первый закон термодинамики                                  |               | +    |      |      |      |
| Смеси газов. Второй закон термодинамики                     |               |      |      |      |      |
| Смеси идеальных газов                                       |               |      | +    |      |      |
| Второй закон термодинамики                                  |               |      | +    | +    |      |
| Эксергия. Реальные газы. Химическая термодинамика           |               |      |      |      |      |
| Эксергия                                                    |               |      |      |      | +    |
| Водяной пар                                                 |               |      |      |      | +    |
| Влажный воздух                                              |               |      |      |      | +    |
| Основы химической термодинамики. Третий закон термодинамики |               |      |      |      | +    |
| Вес КМ:                                                     |               | 30   | 20   | 15   | 35   |

#### 4 семестр

| Раздел дисциплины                                                           | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|
|                                                                             | Индекс<br>КМ:                   | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 | КМ-8 | КМ-9 |
|                                                                             | Срок КМ:                        | 4    | 9    | 12   | 15   | 16   |
| Течение газов и жидкостей.                                                  |                                 |      |      |      |      |      |
| Течение газов и жидкостей                                                   |                                 | +    |      |      |      |      |
| Термодинамические циклы паротурбинных установок                             |                                 |      |      |      |      |      |
| Схемы паротурбинных установок                                               |                                 |      | +    | +    |      | +    |
| Циклы атомных ПТУ                                                           |                                 |      | +    |      |      |      |
| Газовые и парогазовые термодинамические циклы.                              |                                 |      |      |      |      |      |
| Сжатие газов, газовые термодинамические циклы и циклы парогазовых установок |                                 |      |      |      | +    |      |
| Обратные термодинамические циклы                                            |                                 |      |      |      | +    |      |
| Лабораторный практикум                                                      |                                 |      |      |      |      |      |
| Лабораторные работы                                                         |                                 |      |      |      |      | +    |
| Вес КМ:                                                                     |                                 | 25   | 25   | 10   | 20   | 20   |

## 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                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3              | ИД-5 <sub>ОПК-3</sub> Демонстрирует понимание физических явлений и умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач | Знать:<br>о термических и калорических свойствах веществ, методах получения информации о них<br>основные понятия и термины в области технической термодинамики, их физический смысл;<br>методики расчета термодинамических процессов идеального и реального газа<br>Уметь:<br>экспериментально определять термодинамические характеристики процессов реального газов | Термодинамические свойства и процессы идеального газа (Контрольная работа)<br>Термодинамические свойства и процессы водяного пара (Контрольная работа)<br>Зачет по результатам выполнения и защиты лабораторных работ (Тестирование) |
| ОПК-4              | ИД-2 <sub>ОПК-4</sub> Демонстрирует понимание основ термодинамики, основных законов термодинамики и                                                                                                     | Знать:<br>расчет термодинамических свойств и процессов идеального газа, основные                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Термодинамические свойства и процессы смесей газов (Контрольная работа)<br>Расчет цикла на идеально-газовом рабочем веществе (Расчетно-графическая работа)                                                                           |

|       |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | применяет их для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей   | законы термодинамики. Уметь: определять рабочие параметры технического оборудования, анализировать влияние их изменения на показатели эффективности теплотехнических установок и систем. рассчитывать произвольные термодинамические циклы идеального газа и оценивать их эффективность; рассчитывать термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, используемые в теплосиловых, холодильных и теплонасосных установках, показатели их эффективности; | Расчет циклов паротурбинных установок (Контрольная работа)<br>Расчет процессов сжатия в компрессорах, циклов газотурбинных установок, двигателей внутреннего сгорания, холодильных машин и теплонасосных установок (Контрольная работа) |
| РПК-1 | ИД-1 <sub>РПК-1</sub> Демонстрирует знание базовых принципов энергоэффективности | Знать: особенности и методы расчета термодинамических процессов и циклов теплоэнергетических, холодильных и                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Истечение идеальных газов и водяного пара из сопел (Контрольная работа)<br>Расчет цикла ПТУ с промежуточным перегревом пара и двумя регенеративными подогревателями (Расчетно-графическая работа)                                       |

|  |  |                                                                                                                                                       |  |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | теплосиловых установок,<br>показатели их<br>эффективности<br>Уметь:<br>рассчитывать<br>термодинамические циклы<br>ПТУ и оценивать их<br>эффективность |  |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### 3 семестр

#### КМ-1. Термодинамические свойства и процессы идеального газа

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проведение контрольной работы, время на решение задач 1,5 часа

#### 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: основные понятия и термины в области технической термодинамики, их физический смысл; методики расчета термодинамических процессов идеального и реального газа | 1. В баллоне объемом 10 л находится сжатый $O_2$ при $p_1 = 90$ бар и $t_1 = 43^\circ C$ . Производят выпуск части газа при адиабатном понижении давления в баллоне до $p_2 = 0,6p_1$ . Затем закрытый баллон отогревается до температуры $t_3 = t_1$ . Определить параметры $t_2$ и $p_3$ , количество выпущенного газа, а также количество подведенного к газу тепла $Q$ . Изобразить совокупность процессов в $P$ - $v$ диаграмме |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 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: 70

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: 50

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. Термодинамические свойства и процессы смесей газов

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Решение задачи, на выполнение работы - 1,5 часа

**Краткое содержание задания:**

Контрольная работа направлена на умение применять знания о термических и калорических свойствах веществ для смеси идеальных газов, на умение пользоваться справочными материалами для определения свойств идеальных газов. Умение рассчитать термодинамические параметры и параметры состояния смеси.

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: расчет термодинамических свойств и процессов идеального газа, основные законы термодинамики. | 1.Смесь состоит из 0,2 кг кислорода и 0,5 кг CO, парциальное давление кислорода составляет 0,2 МПа. Определить объем, полные энтальпию, энтропию, изобарную теплоемкость смеси при температуре 40°C. Сравнить полученное значение изобарной теплоемкости с рассчитанным по МКТТ. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**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: 70*

*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: 50*

*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. Расчет цикла на идеально-газовом рабочем веществе**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнения самостоятельно расчетного задания

**Краткое содержание задания:**

Задание направлено

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                          |                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: рассчитывать произвольные термодинамические циклы | 1.Цикл состоит из 5-ти изопроцессов. Рабочее тело - CO <sub>2</sub> . Даны параметры в точках:<br>P <sub>1</sub> = 0,4 бар, P <sub>2</sub> = 3·P <sub>1</sub> , P <sub>4</sub> = P <sub>2</sub> , T <sub>1</sub> = 0 0C, T <sub>3</sub> = 700 |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| идеального газа и оценивать их эффективность; | <p>0С.</p> <p>Рассчитать параметры во всех точках цикла (P, V, T, u, h, s), теплоту, работу расширения, изменение внутренней энергии, энтальпии и энтропии для каждого процесса. Рассчитать эти параметры так же за весь цикл.</p> <p>Рассчитать термический коэффициент полезного действия цикла.</p> <p>Представить цикл в масштабе в P,V и T, s диаграммах</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, в срок

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*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: 50*

*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. Термодинамические свойства и процессы водяного пара

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 35

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнения самостоятельно расчетного задания

#### Краткое содержание задания:

Контрольная работа направлена на умение применять знания о термических и калорических свойствах веществ для смеси идеальных газов, на умение пользоваться справочными материалами для определения свойств идеальных газов. Умение рассчитать термодинамические параметры и параметры состояния смеси.

#### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: о термических и калорических свойствах веществ, методах получения информации о них | <p>1.1. Заданы параметры: P=120 бар, t=300 0С. Определить состояние и найти v, h, s. Представить точку в PV, PT, HS, TS - диаграммах.</p> <p>2. P =200 бар, s =4,85 кДж/кгК. Найти удельный объем. Представить точку в PV, PT, HS, TS - диаграммах.</p> <p>3. Начальное состояние пара: P1 =5 бар; X =0,9. Пар расширяется изотермически до давления 0,7 бар. Найти t, q, l, □u. Представить процесс в PV, HS, TS -</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: 70*

*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: 50*

*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*

**4 семестр**

**КМ-5. Истечение идеальных газов и водяного пара из сопел**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Решение задач, используя таблицы воды и водяного пара, а также таблицы Термодинамических свойств газов, на решение задач 1,5 часа

**Краткое содержание задания:**

Контрольная работа направлена на умение применять знания о термических и калорических свойствах идеальных газов, на умение пользоваться справочными материалами для определения свойств идеальных газов. Умение рассчитать термодинамические параметры при истечении из сопла идеальных и реальных газов

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Знать: особенности и методы расчета термодинамических процессов и циклов теплоэнергетических, холодильных и теплосиловых установок, показатели их эффективности</p> | <p>1. Водяной пар при давлении <math>P_1=2.2</math> МПа и температуре <math>t_1=350</math> С поступает к суживающим соплам с начальной скоростью <math>W_1=160</math> м/с. Давление за соплами <math>P_{ср}=0.2</math> МПа. Определить скорость истечения и расход пара. Если площадь выходного сечения сопел <math>f_2=250</math> мм<sup>2</sup>. Изобразить процесс в диаграммах <math>h,s</math> и <math>T,s</math>.</p> <p>CO<sub>2</sub> пар при давлении <math>P_1=5</math> МПа и температуре <math>t_1=510</math> С поступает к соплам Лавала с начальной скоростью <math>W_1=170</math> м/с. Давление за соплами <math>P_{ср}=2</math> МПа. Определить размеры выходного сечения и длину сопла, если расход пара <math>m=1,8</math> кг/с. Изобразить процесс в диаграммах <math>h,s</math> и <math>T,s</math>.</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: 70

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: 50

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-6. Расчет циклов паротурбинных установок**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Решение задач, используя таблицы воды и водяного пара, на решение задач 1,5 часа

**Краткое содержание задания:**

Расчет цикла паротурбинной установки при заданных параметрах давления, температуры. Определение термического, внутреннего КПД цикла, мощности установки

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: определять рабочие параметры технического оборудования, анализировать влияние их изменения на показатели эффективности теплотехнических установок и систем. | 1.Определить рабочие параметры в цикле паротурбинной установки, в цикле с промежуточным перегревом пара, с регенерацией. Оп<br>Определение параметров теплотехнического оборудования в теплофикационном цикле.<br>Расчет цикла атомной паротурбинной установки, с сепаратором и пром.перегревом.<br>Анализ влияние изменения схемы установок и входящих параметров на показатели эффективности теплотехнических установок и систем. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**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: 70

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: 50

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. Расчет цикла ПТУ с промежуточным перегревом пара и двумя регенеративными подогревателями**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполнения самостоятельно расчетного задания

**Краткое содержание задания:**

Задание направлено

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: рассчитывать термодинамические циклы ПТУ и оценивать их эффективность | 1. Рассчитать термический и внутренний КПД, удельный расход пара и условного топлива для турбоустановки с промежуточным перегревом пара и двумя регенеративными подогревателями: 1-й - поверхностного, 2-й - смешивающего типов. Определить также среднеинтегральную температуру подвода теплоты в цикле.<br>Заданы параметры - начальные давления $p_1$ и $t_1$ , давление в конденсаторе - $p_k$<br>Параметры пара после промежуточного перегрева $r_{пп}$ и $t_{пп}$<br>Температура питательной воды.<br>КПД элементов установки |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**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, в срок

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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: 50

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. Расчет процессов сжатия в компрессорах, циклов газотурбинных установок, двигателей внутреннего сгорания, холодильных машин и теплонасосных установок**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Решение задач, используя таблицы Ривкин С.Л. Термодинамические свойства газов.

**Краткое содержание задания:**

Контрольная точка направлена на умение рассчитывать термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, используемые в теплосиловых, холодильных и теплонасосных установках, показатели их эффективности;

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: рассчитывать термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, используемые в теплосиловых, холодильных и теплонасосных установках, показатели их эффективности; | 1. Многоступенчатый поршневой компрессор сжимает воздух от начального давления $p_1=0,099\text{ МПа}$ до давления $p_2=9,8\text{ МПа}$ . Определить мощность электродвигателя, число ступеней в компрессоре, если расчетная степень повышения давления в каждом цилиндре не более 6. Показатель политропного сжатия $n=1,2$ . Определить также часовой расход охлаждающей воды в межступенчатых охладителях при повышении ее температуры на $20^\circ\text{C}$ . Начальная температура воздуха $16^\circ\text{C}$ . Производительность компрессора 1800 т/час. Представить схему установки и процессы сжатия в TS и PV диаграммах. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**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: 70*

*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: 50*

*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. Зачет по результатам выполнения и защиты лабораторных работ

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Домашняя подготовка по темам лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ на физических стендах. Оформление отчета по результатам выполненной работы и обработка результатов согласно требованиям методических указаний. Защита лабораторных работ по теме работы в виде тестирования.

### Краткое содержание задания:

Программой курса предусмотрено выполнение 4-х лабораторных работ на физических стендах Лаборатории технической термодинамики. При дистанционном обучении предполагается выполнение виртуальных лабораторных работ. Названия лабораторных работ: 1. Изохорное нагревание воды и водяного пара. 2. Исследование процесса адиабатного истечения водяного пара (воздуха) через суживающееся сопло. 3. Определение термодинамических свойств воздуха при атмосферном давлении. 4. Циклы паротурбинных установок (ПТУ). Влияние параметров на энергетическую эффективность цикла ПТУ.

### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: экспериментально определять термодинамические характеристики процессов реального газов | 1.Схемы экспериментальных установок, принцип работы.<br>2.Определение параметров состояния.<br>3.Расчет скорости веществ<br>4.Расчет работы, теплоты.<br>5.Основные законы термодинамики.<br>6.Изображение процессов в диаграммах.<br>7.Расчет процесса истечения из сопла идеального газа<br>8.Расчет процесса истечения из сопла реального газа<br>9.Определение параметров влажного воздуха<br>10.Расчет параметров воздуха в процессе сушки, характеристики процессов |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 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, в срок

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*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: 50*

*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

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Формулировки и аналитические выражения Первого закона термодинамики. Понятие внутренней энергии, ее свойства.
2. Понятие эксергии. Эксергия источника теплоты с постоянной и переменной температурой. Эксергетическая функция.
3. Определить мощность приводного электродвигателя компрессора  $N_k$  и количество отведенного в конечном охладителе тепла  $Q$ , если известно, что в компрессоре диоксид углерода сжимается адиабатно из состояния с  $p_1=1,3$  бар и  $t_1=15^\circ\text{C}$  до давления  $p_2=14$  бар, а охлаждение производится до  $t_3=24^\circ\text{C}$ . Расход газа  $V_{н.у.}=50$  н. м<sup>3</sup>/мин. Представить процессы в диаграммах  $Pv$ ;  $Ts$  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 и калькулятором, а также с разрешения экзаменатора учебной и справочной литературой и нормативными документами.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-5<sub>ОПК-3</sub> Демонстрирует понимание физических явлений и умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач

### Вопросы, задания

1. Термодинамические свойства и процессы идеального газа.
2. Калорические свойства идеального газа. Молекулярно-кинетическая теория теплоемкости газов
3. Внутренняя энергия и энтальпия идеального газа.
4. Расчет процессов для водяного пара.
5. Термодинамическая система и окружающая среда.
6. Термодинамические циклы в  $T,s$ -диаграмме.
7. Расчет термодинамических свойств идеальных газов по свойствам компонентов

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Уравнение Клайперона-Менделеева

Ответы:

$$PV = \nu RT, U = IR, \Sigma I = 0, q = \Delta u + l$$

Верный ответ:  $PV = \nu RT$

2. Внутренняя энергия идеального газа зависит только от

Ответы:

давления, температуры, влажности, энтальпии

Верный ответ: температуры

3. В каких единицах измеряется удельная изобарная теплоемкость газа?

Ответы:

Вт/м<sup>2</sup>, кДж/(кг·К), кПа

Верный ответ: кДж/(кг·К)

4. Термодинамический процесс, протекающий при постоянной температуре, называется:

Ответы:

адиабатный, политропный, изотермический

Верный ответ: изотермический

5. Какая из формул является выражением 1-го закона термодинамики?

Ответы:

$dq = du$ ,  $dq = du + pdv$ ,  $dq = dh$ ,  $dq = RT$

Верный ответ:  $dq = du + pdv$

6. Выберите уравнение изохорного процесса

Ответы:

$p/T = \text{const}$ ,  $p \cdot T = \text{const}$ ,  $h = \text{const}$ ,  $q = 0$

Верный ответ:  $p/T = \text{const}$

7. Выберите для изохорного процесса выражение I закона термодинамики

Ответы:

$p/T = \text{const}$ ,  $p \cdot u = \text{const}$ ,  $h = \text{const}$ ,  $q = 0$

Верный ответ:  $u = \text{const}$

8. Единица измерения величины  $h$

Ответы:

кВт, Паскаль, Дж/кг, °С

Верный ответ: Дж/кг

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-4</sub> Демонстрирует понимание основ термодинамики, основных законов термодинамики и применяет их для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей

### Вопросы, задания

1. Термодинамические свойства реальных газов.  $p, V$ -диаграмма.
2. Формулировки второго закона термодинамики и связь между ними
3. Основные дифференциальные уравнения термодинамики
4. Расчет процессов для водяного пара
5. Круговые процессы или циклы.
6. Термодинамические циклы в  $p, v$ -диаграмме.

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>РПК-1</sub> Демонстрирует знание базовых принципов энергоэффективности

### Вопросы, задания

1. Цикл Карно и его КПД

## II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений.

На дополнительные вопросы студент показал, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки. В ответах на дополнительные вопросы студент допустил не принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. На дополнительные вопросы ответил с грубыми ошибками. Студент 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.

#### **4 семестр**

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

#### **Пример билета**

1. Принципиальная схема паротурбинной установки на перегретом паре. Цикл ПТУ на перегретом паре (цикл Ренкина) в  $p, v$  и  $T, s$  диаграммах. Основные характеристики цикла ПТУ (КПД, мощность, удельные расходы пара, топлива и теплоты).
2. Цикл ДВС со сгоранием при постоянном давлении (цикл Дизеля). Основные характеристики цикла (степень сжатия, степень предварительного расширения, КПД цикла, работа цикла).
3. Водяной пар при давлении  $p_1 = 6$  МПа и температуре  $t_1 = 480$  °С поступает к суживающим соплам с начальной скоростью  $w_1 = 180$  м/с. Давление за соплами  $p_{ср} = 2$  МПа. Определить скорость истечения и площадь выходного сечения сопла, если расход пара  $m = 1,5$  кг/с. Изобразить процесс в диаграммах  $h, s$  и  $T, s$ .

#### **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 и калькулятором, а также с разрешения экзаменатора учебной и справочной литературой и нормативными документами.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-5<sub>ОПК-3</sub> Демонстрирует понимание физических явлений и умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач

### **Вопросы, задания**

1. Компрессор с вредным объемом
2. Принципиальная схема и цикл газотурбинной установки (ГТУ) с подводом теплоты при постоянном давлении
3. Циклы атомных станций с водяным теплоносителем.
4. Изображение циклов двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в  $p, V$ - и  $T, s$ - диаграммах
5. Давление воздуха перед суживающимся соплом 1,5 МПа, за соплом 5 бар. Как будет меняться скорость воздуха на выходе из сопла при уменьшении давления за соплом?
6. Как изменяется парциальное давление водяного пара  $p_p$  во влажном воздухе?

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-4</sub> Демонстрирует понимание основ термодинамики, основных законов термодинамики и применяет их для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Состояние водяного пара (или воды) задано параметрами  $p = 30$  бар;  $v = 0,0010$  м<sup>3</sup>/кг. Определить это состояние, используя таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара.

Ответы:

жидкость,  
лед,  
перегретый пар

Верный ответ: жидкость

2. Сопло – это устройство, в котором происходит

Ответы:

Увеличение массы потока;  
Уменьшение скорости потока;  
Скорость потока не изменяется;  
Увеличение скорости потока

Верный ответ: Увеличение скорости потока

3. Цикл Карно состоит из:

Ответы:

Двух изобар и двух изотерм;  
Двух изотерм и двух адиабат;  
Двух изохор и двух изобар;  
Двух изохор и двух адиабат

Верный ответ: Двух изотерм и двух адиабат

4. Какая величина постоянна при адиабатном дросселировании?

Ответы:

внутренняя энергия,  
энтальпия,  
теплота,  
влажность

Верный ответ: Энтальпия

5. По какой формуле определяется техническая работа расширения в турбине

Ответы:

$$l = u_1 - u_2$$

$$l = RT$$

$$l = h_1 - h_2$$

$$l = 0$$

Верный ответ:  $l = h_1 - h_2$

6. В каких единицах измеряется удельная работа изменения объема, совершаемая газом в термодинамическом процессе?

Ответы:

Вт/кг,

кДж/(кг·К),

кДж/кг,

кВт·ч

Верный ответ: кДж/кг

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>РПК-1</sub> Демонстрирует знание базовых принципов энергоэффективности

### Вопросы, задания

1. Схема и цикл воздушной холодильной установки, характеристики эффективности.
2. Изображение циклов ДВС в  $p, V$ - и  $T, s$ - диаграммах, основные характеристики и КПД циклов.
3. Цикл и схема паротурбинной установки с промежуточным перегревом пара.
4. Термический КПД, зависимость его от числа подогревателей и температуры питательной воды.
5. Термодинамические циклы парогазовых установок

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Эффективность холодильной машины оценивается

Ответы:

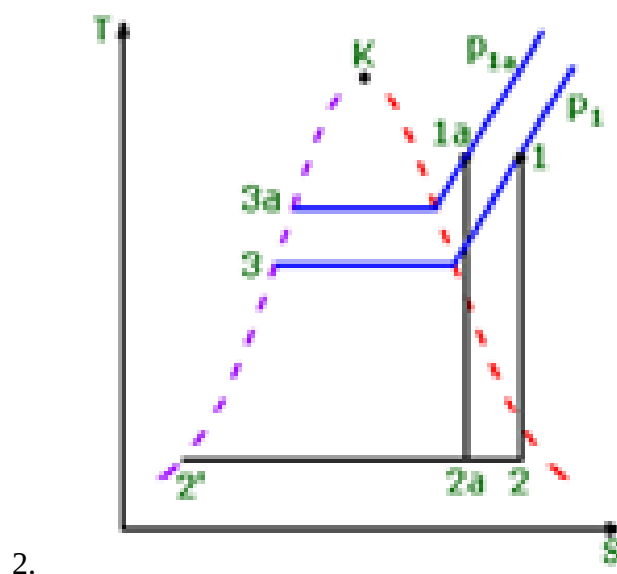
КПД установки;

Холодильным коэффициентом установки;

Коэффициентом преобразования теплоты установки;

Теплопроизводительностью установки

Верный ответ: Холодильным коэффициентом установки



Увеличение начального давления  $p_1$  ( $p_{1a} > p_1$ ) водяного пара (перегретого пара) приводит

Ответы:

- К увеличению термического КПД паротурбинной установки;
- К уменьшению термического КПД паротурбинной установки;
- Не приводит к изменению термического КПД

Верный ответ: К увеличению термического КПД паротурбинной установки

3. Тепловой двигатель за один цикл получает от нагревателя  $q_1 = 200$  кДж теплоты и отдает холодильнику  $q_2 = 80$  кДж. Чему равен КПД этого двигателя (%)

Ответы:

- 60%,
- 20%,
- 100%,
- 45%

Верный ответ: 60%

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

*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.