

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

**Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Теплотехника и малая распределенная энергетика**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Малая энергетика**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

|  |                                                    |                              |
|--|----------------------------------------------------|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|  | Владелец                                           | Сухих А.А.                   |
|  | Идентификатор                                      | R263e31c0-SukhikhAA-8cd24e7d |

А.А. Сухих

## 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. ПК-2 Способность участвовать в принятии технологических и проектных решений при проектировании объектов профессиональной деятельности

ИД-1 Способен участвовать в сборе и анализе данных для оценки и планирования теплопотребления объекта

ИД-2 Знает тепловые схемы объектов профессиональной деятельности, конструкции и характеристики применяемого в них оборудования

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Расчет основных показателей ДВС (Контрольная работа)

2. Схемы и циклы ГТУ (Контрольная работа)

3. Теплонасосные установки (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. КМ-1 по выполнению КР. Оценка выполнения раздела по проектированию тепловой схемы энергоустановки (Расчетно-графическая работа)

2. КМ-2 по выполнению КР. Разработка технического облика основного оборудования (Расчетно-графическая работа)

3. КМ-3 по выполнению КР. Оценка качества компоновочных решений, расчетного обоснования и оформления КР (Домашнее задание)

## БРС дисциплины

3 семестр

| Раздел дисциплины                                                                                    | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                                                                                                      | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 |
|                                                                                                      | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 12   | 11   | 14   | 16   |
| Область применения, структура, проблемы и перспективы развития малой распределенной энергетики (МРЭ) |                                 |      |      |      |      |      |      |
| Область применения, структура, проблемы и перспективы развития малой распределенной энергетики (МРЭ) | +                               |      |      |      |      |      |      |
| Теоретические основы для расчета термодинамических циклов и процессов в установках МРЭ               |                                 |      |      |      |      |      |      |
| Теоретические основы для расчета термодинамических циклов и процессов в                              |                                 |      | +    |      | +    |      |      |

|                                                  |    |    |    |    |    |    |
|--------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|
| установках МРЭ                                   |    |    |    |    |    |    |
| Методы анализа энергетической эффективности      |    |    |    |    |    |    |
| Методы анализа энергетической эффективности      |    |    | +  |    | +  |    |
| Основные схемные решения и технологии систем МРЭ |    |    |    |    |    |    |
| Основные схемные решения и технологии систем МРЭ |    |    |    |    |    | +  |
| Вес КМ:                                          | 15 | 15 | 20 | 15 | 15 | 20 |

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

### **БРС курсовой работы/проекта**

3 семестр

| Раздел дисциплины                                                           | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|
|                                                                             | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 |
|                                                                             | Срок КМ:                        | 11   | 14   | 16   |
| Расчет тепловой схемы и анализ показателей эффективности энергоустановок МЭ |                                 | +    |      |      |
| Разработка технического облика основного оборудования                       |                                 |      | +    |      |
| Основные схемные решения и технологии систем МРЭ                            |                                 |      |      | +    |
| Вес КМ:                                                                     |                                 | 30   | 30   | 40   |

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

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

| Индекс компетенции | Индикатор                                                                                                           | Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Контрольная точка                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-2               | ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Способен участвовать в сборе и анализе данных для оценки и планирования теплоснабжения объекта | Знать:<br>теоретические основы для расчета термодинамических циклов и процессов в установках МРЭ<br>область применения, структуру, проблемы и перспективы развития малой распределенной энергетики (МРЭ)<br>Уметь:<br>определять и анализировать показатели энергетической эффективности как проектируемого оборудования, так и его составных частей | Расчет основных показателей ДВС (Контрольная работа)<br>Схемы и циклы ГТУ (Контрольная работа)<br>КМ-1 по выполнению КР. Оценка выполнения раздела по проектированию тепловой схемы энергоустановки (Расчетно-графическая работа)<br>КМ-2 по выполнению КР. Разработка технического облика основного оборудования (Расчетно-графическая работа) |
| ПК-2               | ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Знает тепловые схемы объектов профессиональной деятельности, конструкции и характеристики      | Знать:<br>основные схемные решения и технологии систем МРЭ<br>методы анализа энергетической                                                                                                                                                                                                                                                          | Расчет основных показателей ДВС (Контрольная работа)<br>Схемы и циклы ГТУ (Контрольная работа)<br>Теплонасосные установки (Контрольная работа)<br>КМ-1 по выполнению КР. Оценка выполнения раздела по проектированию тепловой схемы энергоустановки (Расчетно-графическая работа)                                                               |

|  |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | применяемого в них оборудования | <p>эффективности</p> <p>Уметь:</p> <p>рассчитывать схемы и циклы двигателей внутреннего сгорания</p> <p>рассчитывать схемы и циклы энергоустановок на низкокипящих рабочих веществах</p> <p>рассчитывать схемы и циклы газотурбинных установок</p> <p>рассчитывать схемы и циклы теплонасосных установок</p> <p>рассчитывать затраты и оценивать сроки окупаемости строительства мини-ТЭЦ. Выбирать промышленное оборудование с точки зрения экономической эффективности.</p> | <p>КМ-2 по выполнению КР. Разработка технического облика основного оборудования (Расчетно-графическая работа)</p> <p>КМ-3 по выполнению КР. Оценка качества компоновочных решений, расчетного обоснования и оформления КР (Домашнее задание)</p> |
|--|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

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

### **КМ-1. Расчет основных показателей ДВС**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Раздаются билеты с задачами. Время выполнения-2 учебных часа. Разрешается пользоваться материалами семинарских и лекционных занятий, справочниками. Запрещается пользование мобильными телефонами. Расчет параметров по программе RefProp 9.

#### **Краткое содержание задания:**

##### **Задача № 4**

Определить теоретическую и действительную мощность дизельного агрегата с расходом топлива (солярки с теплотворной способностью 44,8 МДж/дм<sup>3</sup>) на номинальном режиме 16 дм<sup>3</sup>/час. КПД установки 0,40. Изобразить индикаторную диаграмму процесса цикла Отто. (солярки с теплотворной способностью 44,8 МДж/дм<sup>3</sup>) на номинальном режиме 16 дм<sup>3</sup>/час. КПД установки 0,40. Изобразить индикаторную диаграмму процесса цикла Отто.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: область применения, структуру, проблемы и перспективы развития малой распределенной энергетики (МРЭ) | 1.Соотношения для расчета подведенной/отведенной теплоты и работы в циклах ДВС, а также КПД цикла.                                                                                                                                                                                       |
| Уметь: рассчитывать схемы и циклы двигателей внутреннего сгорания                                           | 1.Определить теоретическую и действительную мощность дизельного агрегата с заданным расходом топлива для ДВС с изохорным подводом теплоты.<br>2.Определить теоретическую и действительную мощность дизельного агрегата с заданным расходом топлива для ДВС с изобарным подводом теплоты. |

#### **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 применены правильные соотношения, выбрано верное направление для решения задач, но допущенные некоторые арифметические ошибки, или ошибки в изображении процессов.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если задание выполнено в объеме не менее 50%, часть ответов ошибочна, хотя основные

соотношения написаны правильно. Графическое пояснение материала правильное не менее 50%.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" не выставляется. Если задание выполнено в объеме менее 50%, работа с указанием ошибок направляется на исправление.

## КМ-2. Схемы и циклы ГТУ

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Раздаются билеты с задачами. Время выполнения-2 учебных часа. Разрешается пользоваться материалами семинарских и лекционных занятий, справочниками. Запрещается пользование мобильными телефонами. Расчет параметров по программе RefProp 9.

**Краткое содержание задания:**

### Задача № 7

Определить изменение мощности регенеративной ГТУ замкнутого типа на гелии при переходе на двухступенчатое сжатие. Давление на входе в компрессор 420 кПа, температура 42 0С. Степень сжатия 4,6. Температура перед турбиной 1200 0С.

Мощность турбины 50 МВт. Внутренние относительные КПД турбины 0,92; компрессора 0,87. Степень регенерации 0,93.

Изобразить схему установки и циклы в TS координатах.

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                               |                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: теоретические основы для расчета термодинамических циклов и процессов в установках МРЭ | 1.Соотношения для расчета подведенной/отведенной теплоты и работы в циклах ГТУ, а также КПД цикла, в том числе и в многоступенчатых и регенеративных циклах. |
| Уметь: рассчитывать схемы и циклы газотурбинных установок                                     | 1.Определить теоретическую и действительную мощность ГТУ с заданным расходом топлива.<br>2.Определить КПД при заданной мощности ГТУ.                         |

**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 применены правильные соотношения, выбрано верное направление для решения задач, но допущенные некоторые арифметические ошибки, или ошибки в изображении процессов.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если задание выполнено в объеме не менее 50%, часть ответов ошибочна, хотя основные соотношения написаны правильно. Графическое пояснение материала правильное не менее 50%.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" не выставляется. Если задание выполнено в объеме менее 50%, работа с указанием ошибок направляется на исправление.

### КМ-3. Теплонасосные установки

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Раздаются билеты с задачами. Время выполнения-2 учебных часа. Разрешается пользоваться материалами семинарских и лекционных занятий, справочниками. Запрещается пользование мобильными телефонами. Расчет параметров по программе RefProp 9.

#### Краткое содержание задания:

Задача № 20

ТНУ на диоксиде углерода работает на производство теплоты (бак ГВС) и холода (охлаждение витрин в супермаркете). Холодопроизводительность установки  $Q_X = 20$  кВт при  $T_x = 276$  К. Температура подогрева воды от 288 К до  $T_{гвс} = 330$  К. Выбрать давление в подогревателе ТНУ таким образом, чтобы обеспечить заданный температурный напор, который принять равным 12 К во всех аппаратах. КПД компрессора 0,73. Определить тепловую мощность и мощность привода установки, коэффициент преобразования теплоты, коэффициент совместной выработки теплоты и холода, а также эксергетический КПД такой установки. Изобразить цикл в координатах  $T_s$  и представить принципиальную схему установки.

#### Контрольные вопросы/задания:

|                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: методы анализа энергетической эффективности        | 1.Соотношения для расчета теплопроизводительности, коэффициента преобразования теплоты, эксергетического КПД ТНУ.                                                                                                                                                                                                                      |
| Уметь: рассчитывать схемы и циклы теплонасосных установок | 1.Изображать циклы ТНУ в $p_v$ и $T_s$ координатах.<br>2.Рассчитывать теплопроизводительность, коэффициент преобразования теплоты, эксергетический КПД ТНУ.<br>3.Составлять тепловые балансы всей ТНУ, а также конденсатора и испарителя, определять расходы теплоносителей в системах теплоснабжения и низкопотенциального источника. |

#### 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 применены правильные соотношения, выбрано верное направление для решения задач, но допущенные некоторые арифметические ошибки, или ошибки в изображении процессов.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если задание выполнено в объеме не менее 50%, часть ответов ошибочна, хотя основные соотношения написаны правильно. Графическое пояснение материала правильное не менее 50%.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" не выставляется. Если задание выполнено в объеме менее 50%, работа с указанием ошибок направляется на исправление.

#### **КМ-4. КМ-1 по выполнению КР. Оценка выполнения раздела по проектированию тепловой схемы энергоустановки**

**Формы реализации:** Проверка задания

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

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверяется и корректируется часть задания на КР по разделу "Проектирование тепловой схемы энергоустановки" (11 неделя)

**Краткое содержание задания:**

##### **1. Задание №1.**

Разработать термодинамический цикл утилизационной установки для производства электрической и тепловой энергии. Определить рабочие параметры в каждой точке цикла на октафторциклобутане  $C_4F_8$  при  $p_1=12$  МПа,  $t_1=360$  °С. Графическая часть: тепловая схема.

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                               |                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: теоретические основы для расчета термодинамических циклов и процессов в установках МРЭ | 1. Конфигурация теплосиловых циклов на неводных рабочих веществах.                                                                                                  |
| Уметь: рассчитывать схемы и циклы энергоустановок на низкикипящих рабочих веществах           | 1. Применение основных методических приемов при расчете параметров в узловых точках тепловой схемы.<br>2. Тепловые балансы и расчет основных мощностных показателей |

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Тепловая схема и теплотехнические расчеты выполнены правильно. Замечания незначительные и могут быть легко исправлены. Графическая часть представлена.

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Тепловая схема и теплотехнические расчеты выполнены с ошибками и требуют доработки. Графическая часть не представлена, либо требует существенной переделки.

## **КМ-5. КМ-2 по выполнению КР. Разработка технического облика основного оборудования**

**Формы реализации:** Проверка задания

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

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверяется и корректируется часть задания на КР по разделу "Разработка технического облика основного оборудования" (13 неделя)

### **Краткое содержание задания:**

Конструктивный расчет КУ На основе труб ст.20; l=2 м;  $\Phi$  20\*2,5 с оребрением.

Графическая часть: компоновка.

### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                       |                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: методы анализа энергетической эффективности                                                                                    | 1.Сравнительные теплотехнические характеристики различных типов трубных пучков с оребрением.         |
| Уметь: определять и анализировать показатели энергетической эффективности как проектируемого оборудования, так и его составных частей | 1.Результаты расчета проектируемой поверхности теплообмена. Разработка эскизных чертежей общего вида |

### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Теплотехнические расчеты выполнены правильно. Замечания незначительные и могут быть легко исправлены. Графическая часть представлена. Технический облик основных аппаратов сформирован

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Теплотехнические расчеты выполнены с ошибками и требуют исправления. Графическая часть представлена частично, требует доработки.

## **КМ-6. КМ-3 по выполнению КР. Оценка качества компоновочных решений, расчетного обоснования и оформления КР**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проверяется и корректируется часть задания на КР по разделу "Проверяется и корректируется часть задания на КР по разделу "Разработка технического облика основного оборудования" (16 неделя)

### **Краткое содержание задания:**

Определить затраты топлива на генерацию электрической энергии и теплоты с помощью эксергетического метода при производстве горячей воды в ТП для теплофикации в режиме 35°C/80°C.

### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                     |                                                                                   |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: основные схемные решения и технологии систем | 1.Основные принципы эксергетического метода анализа энергетической эффективности. |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| МРЭ                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                               |
| Уметь: рассчитывать затраты и оценивать сроки окупаемости строительства мини-ТЭЦ. Выбирать промышленное оборудование с точки зрения экономической эффективности. | 1.Результаты расчета разнесения затрат топлива на генерацию электрической энергии и теплоты при комбинированном производстве теплоты и электрической энергии. |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Задание выполнено полностью, замечания незначительные. Расчетно-графическая часть представлена в полном объеме.

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Задание выполнено с ошибками, замечание существенные. Расчетно-графическая часть представлена не в полном объеме и требует доработки.

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский университет "МЭИ"<br>Кафедра Теоретических основ теплотехники им. М.П. Вукаловича<br>Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника<br>Дисциплина: Малая энергетика<br><br>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №3                                                                                                                                                                                                                                        | УТВЕРЖДАЮ<br><br>Зав. каф. ТОТ<br>25 декабря 20__ |
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Перспектива использования для систем МРЭ возобновляемых источников энергии в РФ.</li><li>2. Особенности применения в ТНУ диоксида углерода.</li><li>3. Определить теоретическую и действительную мощность дизельного агрегата с расходом топлива (солярки с теплотворной способностью 44,8 МДж/дм<sup>3</sup>) на номинальном режиме 16 дм<sup>3</sup>/час. КПД установки 0,40. Изобразить индикаторную диаграмму процесса цикла Отто.</li></ol> |                                                   |

### Процедура проведения

Промежуточная аттестация по дисциплине в форме экзамена проводится в период экзаменационной сессии. Экзамен проводится в устной форме. В билете 2 теоретических вопроса и 1 задача. Решение задачи в письменном виде и ответы на теоретические вопросы записываются на экзаменационном листе, на котором стоит подпись преподавателя, время выдачи билета и его номер. Подготовка не более 70 мин. Опрос по материалам билета не более 20 мин., дополнительные вопросы не более 10 мин. дополнительные вопросы вместе с результатом ответа также записываются на экзаменационном листе. Студент может пользоваться рабочей программой дисциплины и калькулятором, справочной литературой и нормативными документами. Пользование учебниками, задачками, лекциями, мобильными телефонами и шпаргалками запрещается. При нарушении данного регламента студенту выставляется оценка "неудовлетворительно".

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-2</sub> Способен участвовать в сборе и анализе данных для оценки и планирования теплоснабжения объекта

#### Вопросы, задания

1. Понятие малой распределенной энергетики (МРЭ). Область применения. Современное состояние и предпосылки к развитию МРЭ в РФ.
2. Основные проблемы централизованных систем генерации.
3. Структура производства электроэнергии в технически передовых странах. Вклад и перспектива систем МРЭ.
4. Характеристика основных источников энергии для установок малой энергетики.

5. Перспектива использования для систем МРЭ возобновляемых источников энергии в РФ.
6. Термический КПД цикла Отто со сгоранием при  $V = \text{const}$ . Зависимость КПД от степени сжатия. Индикаторное давление.
7. Термический КПД цикла Дизеля со сгоранием при  $p = \text{const}$ . Зависимость КПД от степени сжатия. Индикаторное давление.
8. Сравнение термодинамической эффективности циклов ДВС.
9. Технические особенности и достоинства ГТУ. Область применения.
10. Энергетические установки на низкокипящих рабочих веществах. Область применения.
11. Проблемы и основные решения при выборе НРВ. Особенности использования фторорганических НРВ.
12. Основные характеристики энергетических установок на фторорганических рабочих веществах (на базе сверхкритического цикла).
13. Сравнение эксплуатационных характеристик электростанций, работающих на паровом и органическом цикле Ренкина.
14. Теплонасосные технологии. Тепловые балансы и термодинамические показатели. Характеристика источников низкопотенциальной энергии
15. Классификация ТНУ. Классификация хладагентов. Основные требования по выбору хладагентов для ТНУ,
16. Особенности применения диоксида углерода в качестве рабочего вещества ТНУ.
17. Эксергетический КПД. Соотношения для расчета эксергетического КПД прямого и обратного циклов. Соотношения для расчета эксергетического КПД турбин и компрессоров.
18. Определение эксергетического КПД теплообменного аппарата..

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

1. Рекомендуемый диапазон мощностей для применения ГПУ и ГТУ.  
 Ответы:
  1. ГПУ - менее 3,5 МВт, ГТУ - более 3,5 МВт.
  2. ГПУ - менее 8 МВт, ГТУ - более 8 МВт.
  3. ГТУ - менее 3,5 МВт, ГПУ - более 3,5 МВт.
  4. Во всем диапазоне мощностей эффективность данных установок одинакова.
  5. ГТУ - менее 8 МВт, ГПУ - более 8 МВт.
 Верный ответ: 1.
2. Из каких процессов состоит теоретический цикл ГТУ?  
 Ответы:
  1. Из 2-х изохор и 2-х изотерм.
  2. Из 2-х изохор, изобары и адиабаты.
  3. Из 2-х изохор и 2-х адиабат.
 Верный ответ: 3.
3. Из каких основных процессов состоит базовый цикл Ренкина энергетических установок на органическом рабочем веществе?  
 Ответы:
  1. Из изобары, изохоры и 2- адиабат.
  2. Из 2-изобар и 2-х адиабат.
  3. Из 2-изохор и 2-х адиабат.
 Верный ответ: 2.
4. Основная цель внедрения энергетических установок на утилизации выхлопных газов.  
 Ответы:

1. Снижение температуры выхлопных газов.
2. Снижение вредных выбросов и загрязнений с выхлопными газами.
3. Повышение КПД и мощности всего комплекса.

Верный ответ: 3.

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ПК-2</sub> Знает тепловые схемы объектов профессиональной деятельности, конструкции и характеристики применяемого в них оборудования

### Вопросы, задания

1. Сравнение технических и эксплуатационных характеристик ГПУ и ГТУ.
2. ДВС со сгоранием при  $V=\text{const}$  (цикл Отто). Индикаторная диаграмма процессов. Термодинамический цикл в  $p-v$  и  $T-s$  диаграммах. Мощность двигателя.
3. Теоретический обратимый и действительный циклы ГТУ. Основные термодинамические показатели.
4. Определение параметров цикла ГТУ для достижения максимальной производительности в зависимости от  $T_2(\beta)$ .
5. Схема одновальной ГТУ с регенерацией на основе открытого цикла. Диаграмма цикла. Термический и внутренний КПД. Мощность установки.
6. Схема ГТУ с двухступенчатым сжатием в компрессоре и расширением в турбине и регенерацией. Внутренний КПД. Мощность установки.
7. Схема энергетической установки на фторуглеродном НРВ. КПД и мощность установки.
8. Основные характеристики 2-х контурных энергетических установок на низкокипящих рабочих веществах (на базе органического цикла Ренкина).
9. Основные типы воздушных конденсационных установок (ВКУ) и их технические особенности. Преимущества и особенности использования воздушных конденсационных установок (ВКУ) на НРВ в системах МРЭ.
10. Коэффициенты полезного действия и удельные показатели энергетических установок.
11. Определение эксергии и соотношения для расчета эксергии неподвижной системы и потока массы. Определение эксергии и соотношения для расчета эксергии источников теплоты.
12. Эксергетический метод разнесения затрат на выработку тепловой и электрической энергии.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Соотношение для вычисления термического КПД цикла Отто.

Ответы:

1.  $\eta = 1 - \frac{(u_3 - u_2)}{(h_4 - h_1)}$
2.  $\eta = 1 - \frac{(u_4 - u_1)}{(u_3 - u_2)}$
3.  $\eta = 1 - \frac{(h_4 - h_1)}{(h_3 - h_2)}$

Верный ответ: 2.

2. Соотношение для вычисления термического КПД цикла Дизеля.

Ответы:

1.  $\eta = 1 - \frac{(u_3 - u_2)}{(h_4 - h_1)}$
2.  $\eta = 1 - \frac{(u_4 - u_1)}{(u_3 - u_2)}$
3.  $\eta = 1 - \frac{(h_4 - h_1)}{(h_3 - h_2)}$

Верный ответ: 3.

3. Среднее индикаторное давление. Определение.

Ответы:

1. 1. Среднее индикаторное давление представляет собой условное постоянное давление, под действием которого поршень за один ход совершает работу, равную работе всего теоретического цикла.
2. 2. Среднее индикаторное давление представляет собой среднее арифметическое между  $p_1$  и  $p_3$ .
3. 3. Среднее индикаторное давление представляет собой среднее арифметическое между  $p_1$  и  $p_2$ .

Верный ответ: 1.

4. В каком случае достигается максимальная работа в теоретическом обратимом цикле ГТУ?

Ответы:

1. При наличии регенеративного теплообменника.
2. В случае равенства температур сжатого воздуха и выхлопных газов.
3. В случае равенства энтальпий сжатого воздуха и выхлопных газов.

Верный ответ: 2.

5. Каким образом внутренний КПД цикла ГТУ при зафиксированном значении температуры перед турбиной зависит от степени повышения давления  $\beta$ ?

Ответы:

1. С увеличением  $\beta$  возрастает.
2. С увеличением  $\beta$  уменьшается.
3. Имеет определенное максимальное значение.

Верный ответ: 3.

6. Каким образом меняются КПД и мощность ГТУ при установке регенеративного подогревателя?

Ответы:

1. Мощность не изменяется, КПД увеличивается.
2. Мощность и КПД увеличиваются.
3. Мощность возрастает, КПД падает.

Верный ответ: 1.

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задача решена без ошибок, а ответы на теоретические вопросы правильные в объеме не менее 85%.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если задача решена с некоторыми незначительными (арифметическими) ошибками, а ответы на теоретические вопросы правильные в объеме не менее 70%.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задача решена с некоторыми незначительными (арифметическими) ошибками, а ответы на теоретические вопросы правильные в объеме не менее 50%.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задача не решена, ход решения выбран не правильный, или ответы на теоретические вопросы даны в объеме менее 50%.

### ***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.

**Для курсового проекта/работы:**

**3 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

### ***I. Процедура защиты КП/КР***

Защита проводится на комиссии из 3-человек. Доклады заслушиваются в виде презентаций в течении 15 мин. Задаются дополнительные вопросы, связанные с тематикой проекта. Оценка за КР выносится коллегиально.

### ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задание на курсовой проект выполнено полностью. В докладе на защите представлены основные результаты КР. Ответы на дополнительные вопросы сделаны по существу и верны не менее, чем на 90 %.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задание на курсовой проект выполнено полностью, но есть замечания рецензентов или членов комиссии по приему КР. В докладе на защите представлены основные результаты КР. Ответы на дополнительные вопросы сделаны по существу и верны не менее, чем на 75 %.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задание на курсовой проект выполнено полностью, но есть замечания рецензентов или членов комиссии по приему КР. В докладе на защите представлены основные результаты КР. Ответы на дополнительные вопросы сделаны по существу и верны не менее, чем на 50 %.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка 2 не выставляется при не выполнении задания, отсутствии верных ответов на дополнительные вопросы (менее 50%). КР отправляется на доработку и дополнительную защиту.

### ***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.