

**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: Энергообеспечение и инженерные системы зданий и сооружений**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Основы трансформации тепла и процессов охлаждения**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

|  |                                                    |                                |
|--|----------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|  | Владелец                                           | Скворцов В.С.                  |
|  | Идентификатор                                      | Rc47a0b19-SkvortsovVS-16c8cf74 |

В.С. Скворцов

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

|  |                                                    |                             |
|--|----------------------------------------------------|-----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                             |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                             |
|  | Владелец                                           | Пурдин М.С.                 |
|  | Идентификатор                                      | R73e8cc57-PurdinMS-97ce3ae5 |

М.С. Пурдин

Заведующий  
выпускающей кафедрой

|  |                                                    |                                 |
|--|----------------------------------------------------|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
|  | Владелец                                           | Щербатов И.А.                   |
|  | Идентификатор                                      | R6b2590a8-ShcherbatovIA-d91ec17 |

И.А.  
Щербатов

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

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

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

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен участвовать в проектировании и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники

ИД-2 Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики и теплотехники

ИД-4 Принимает участие в оценке энергетической эффективности объектов теплоэнергетики и теплотехники

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Терминология (Проверочная работа)

Форма реализации: Обмен электронными документами

1. Термоэлектрические трансформаторы тепла (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. ПЖ и ГК трансформаторы тепла (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. А и С трансформаторы тепла (Видеофильм)

Форма реализации: Устная форма

1. Ожжижение газов (Интервью)

**БРС дисциплины**

### 5 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Терминология (Проверочная работа)

КМ-2 ПЖ и ГК трансформаторы тепла (Контрольная работа)

КМ-3 А и С трансформаторы тепла (Видеофильм)

КМ-4 Ожжижение газов (Интервью)

КМ-5 Термоэлектрические трансформаторы тепла (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

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

|                                                                     | КМ:      | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
|---------------------------------------------------------------------|----------|----|----|----|----|----|
|                                                                     | Срок КМ: | 4  | 8  | 10 | 12 | 16 |
| Введение                                                            |          |    |    |    |    |    |
| Эксергетический метод термодинамического анализа                    | +        |    |    |    |    |    |
| Хладагенты и хладоносители                                          | +        |    |    |    |    |    |
| Парожидкостные и газовые компрессионные трансформаторы тепла        |          |    |    |    |    |    |
| Парожидкостные компрессионные холодильные и теплонаносные установки |          | +  |    |    |    |    |
| Газовые компрессионные трансформаторы тепла                         |          | +  |    |    |    |    |
| Абсорбционные и струйные трансформаторы тепла                       |          |    |    |    |    |    |
| Абсорбционные трансформаторы тепла                                  |          |    | +  |    |    |    |
| Струйные трансформаторы тепла                                       |          |    | +  |    |    |    |
| Ожижение газов и термоэлектрические трансформаторы тепла.           |          |    |    |    |    |    |
| Ожижение и замораживание газов                                      |          |    |    | +  |    |    |
| Термоэлектрические трансформаторы тепла                             |          |    |    |    |    |    |
| Термоэлектрические трансформаторы тепла                             |          |    |    |    |    | +  |
| Вес КМ:                                                             |          | 25 | 25 | 20 | 15 | 15 |

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

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

| Индекс компетенции | Индикатор                                                                                                              | Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Контрольная точка                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1               | ИД-2ПК-1 Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики и теплотехники | Знать:<br>источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет)<br>основные экономические положения при разработке установок трансформаторов тепла<br>рабочие вещества и материалы, применяемые в холодильных и теплонасосных трансформаторах тепла<br>методические материалы для расчёта схем трансформаторов тепла, термодинамический (эксергетический) метод анализа определения потерь в энергетических установках<br>основные источники научно-технической информации по | КМ-1 Терминология (Проверочная работа)<br>КМ-2 ПЖ и ГК трансформаторы тепла (Контрольная работа)<br>КМ-3 А и С трансформаторы тепла (Видеофильм)<br>КМ-4 Ожжижение газов (Интервью)<br>КМ-5 Термоэлектрические трансформаторы тепла (Лабораторная работа) |

|      |                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                        |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |                                                                                                                      | холодильным и<br>теплонасосным установкам                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                        |
| ПК-1 | ИД-4 <sub>ПК-1</sub> Принимает участие в оценке энергетической эффективности объектов теплоэнергетики и теплотехники | Уметь:<br>анализировать информацию о новых схемах, процессах и циклах трансформаторов тепла<br>самостоятельно проводить эксперименты на трансформаторах тепла<br>самостоятельно разбираться в типовых методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи<br>осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые рабочие вещества (хладагенты) | КМ-1 Терминология (Проверочная работа)<br>КМ-2 ПЖ и ГК трансформаторы тепла (Контрольная работа)<br>КМ-3 А и С трансформаторы тепла (Видеофильм)<br>КМ-5 Термоэлектрические трансформаторы тепла (Лабораторная работа) |

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

### **КМ-1. Терминология**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменный опрос на практическом занятии.

#### **Краткое содержание задания:**

Назначение трансформаторов тепла. Классификация. Области применения трансформаторов тепла. Перспективы развития установок трансформации тепла. Роль трансформаторов тепла в системах термостабилизации различных объектов. Основные требования по удельным затратам энергии, эффективности и надежности. Коэффициенты, определяющие эффективность. Целевые коэффициенты и КПД. Эксергетический метод термодинамического анализа трансформаторов тепла. Упорядоченные и неупорядоченные виды энергии. Определение эксэргии различных видов энергии. Коэффициенты работоспособности. Характерные зоны искусственного холода. Применение эксергетического метода анализа к установкам и системам. Эксергетический КПД, энергетический и эксергетический балансы.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                            | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет)                                                     | 1. Назначение трансформаторов тепла<br>2. Классификация трансформаторов тепла<br>3. Области применения трансформаторов тепла<br>4. Перспективы развития установок трансформации тепла |
| Уметь: осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые рабочие вещества (хладагенты) | 1. Основные требования по удельным затратам энергии, эффективности и надежности<br>2. Роль трансформаторов тепла в системах термостабилизации различных объектов                      |

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

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

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

## **КМ-2. ПЖ и ГК трансформаторы тепла**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Решение задач по индивидуальным вариантам на практическом занятии.

### **Краткое содержание задания:**

Решение задач по теме "Компрессионные трансформаторы тепла"

### **Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                            | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: основные источники научно-технической информации по холодильным и теплонасосным установкам            | 1.Схемы одноступенчатых и многоступенчатых трансформаторов тепла, метод расчета                                                                                                                                                            |
| Уметь: самостоятельно разбираться в типовых методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи | 1.Рассчитать схему одноступенчатой компрессионной холодильной установки, определив параметры в характерных точках схемы, тепловые нагрузки теплообменных аппаратов, мощность компрессора, холодильный коэффициент и эксергетический к.п.д. |

### **Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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



### КМ-3. А и С трансформаторы тепла

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Видеофильм

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Рассчитана на 45 мин.

**Краткое содержание задания:**

Предлагается фильм о работе трансформатора тепла, затем проводится обсуждение материала

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                      | Вопросы/задания для проверки                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: основные экономические положения при разработке установок трансформаторов тепла | 1.Как определить тип трансформатора тепла<br>2.какими характеристиками обладают струйные трансформаторы тепла |
| Уметь: самостоятельно проводить эксперименты на трансформаторах тепла                  | 1.Какими характеристиками обладают абсорбционные трансформаторы тепла                                         |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: «зачтено»*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка: «не зачтено»*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

### КМ-4. Ожжижение газов

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Интервью

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Рассчитана на 45 минут.

**Краткое содержание задания:**

Проводится встреча с представителями предприятий, где в режиме интервью задаются проблемные вопросы

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                    | Вопросы/задания для проверки                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: рабочие вещества и материалы, применяемые в холодильных и теплонасосных трансформаторах тепла | 1.Для каких целей проводится ожжижение газов<br>2.Какие методы ожжижения газов применяют на трансформаторах тепла |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: «зачтено»*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* «не зачтено»

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

### **КМ-5. Термоэлектрические трансформаторы тепла**

**Формы реализации:** Обмен электронными документами

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится опрос по результатам выполнения лабораторной работы.

#### **Краткое содержание задания:**

Проводится выполнение лабораторной работы по эксплуатации термоэлектрических трансформаторов тепла

#### **Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                                                      | Вопросы/задания для проверки                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: методические материалы для расчёта схем трансформаторов тепла, термодинамический (эксергетический) метод анализа определения потерь в энергетических установках | 1.Выберите характеристики указывающие на стабильность работы трансформатора тепла |
| Уметь: анализировать информацию о новых схемах, процессах и циклах трансформаторов тепла                                                                               | 1.Рассчитайте параметры трансформатора тепла                                      |

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* «зачтено»

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* «не зачтено»

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 5 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Схема и принцип работы двухступенчатых компрессионных холодильных установок. Методика их расчета. Холодильный коэффициент и КПД.
2. Отличие реального компрессора от идеального. Коэффициент подачи. Индикаторный КПД.
3. Температура конденсации фреона-12 в компрессорной холодильной установке  $t_k=40^\circ\text{C}$ . Температура испарения  $t_i=-10^\circ\text{C}$ . КПД компрессора 0.7, электромеханический КПД 0.9. Определить КПД установки и холодильный коэффициент.

### Процедура проведения

Экзамен проводится устно, подготовка к ответу 60 мин.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ПК-1</sub> Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики и теплотехники

### Вопросы, задания

1. Схема Линде и изображение процесса в T-S диаграмме. Вывод уравнения для определения доли ожиженного газа.
2. Схема парокompрессионного теплового насоса. Процесс работы в T-S диаграмме. КПД и коэффициент трансформации.
3. Абсорбционные трансформаторы тепла. Принцип работы. Энергетический баланс. Сравнение с парокompрессионными установками. Холодильный коэффициент и КПД.
4. Газовая установка “Филипс”. Схема и принцип работы.
5. Требования к хладагентам. Маркировка фреонов.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. В чём заключается работа рефрижератора

Ответы:

подводе в окружающую среду тепла от объектов, температура ТН которых ниже температуры окружающей среды отводе в окружающую среду тепла от объектов, температура ТН которых выше температуры окружающей среды подводе в окружающую среду тепла от объектов, температура ТН которых выше температуры окружающей среды отводе в окружающую среду тепла от объектов, температура ТН которых ниже температуры окружающей среды

2. На какие два вида можно разделить установки для трансформации тепла по принципу работы

Ответы:

парожидкостные и газовые термоэлектрические и механические компрессионные и струйные сорбционные и газожидкостные

3. Цикл Линде

Ответы:

дросселирование сочетание дросселирования с регенеративным теплообменом  
теплообмен сочетание дросселирования с конвективным теплообменом

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-4<sub>ПК-1</sub> Принимает участие в оценке энергетической эффективности объектов теплоэнергетики и теплотехники

### **Вопросы, задания**

1. Эксергетический метод анализа. Определение потерь и КПД.
2. Различие между целевыми коэффициентами и КПД. Пределы изменения.
3. Колонна однократной ректификации. Коэффициент извлечения кислорода.
4. Коэффициент работоспособности тепла. Пределы изменения. Эксергетический и энергетический балансы. Их назначение.
5. Схема воздухоразделительной установки с колонной однократной ректификации. Коэффициент извлечения кислорода.

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

1. Трансформаторами тепла называются системы, в которых осуществляется

Ответы:

отвод энергии в форме тепла от объектов с относительно низкой температурой к приемникам тепла с более высокой температурой. подвод энергии в форме тепла к объекту с относительно низкой температурой к приемникам тепла с более высокой температурой. отвод энергии в форме тепла от объектов с относительно высокой температурой к приемникам тепла с более низкой температурой. подвод энергии в форме тепла от объектов с относительно высокой температурой к приемникам тепла с более низкой температурой

2. При теплоснабжении от котельной удельный расход условного топлива зависит от

Ответы:

КПД Брутто Нетто Местонахождения котельно

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Решена задача и даны верно ответы на вопросы.*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Решена задача и даны ответы на вопросы с незначительными недостатками.*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Представлен верный ход решения задачи, ответы на вопросы даны с незначительными недостатками.*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Задача не решена, ответы на вопросы даны не полностью.*

## **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.