

**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 предприятий. Высокотемпературные процессы и установки**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Нагнетатели и тепловые двигатели**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

|                                                                                   |                                                    |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                            |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                            |
|                                                                                   | Владелец                                           | Ситас В.И.                 |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R5d717191-SitasVI-5fc02b9b |

В.И. Ситас

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

|                                                                                   |                                                    |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                             |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                             |
|                                                                                   | Владелец                                           | Киндра В.О.                 |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R429f7b35-KindraVO-2c9422f7 |

В.О.  
Киндра

Заведующий  
выпускающей кафедрой

|                                                                                   |                                                    |                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|                                                                                   | Владелец                                           | Рогалев А.Н.                 |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b |

А.Н.  
Рогалев

## 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: Письменная работа

1. "Расчёт параметров насосов и вентиляторов" (Контрольная работа)
2. "Расчёт термодинамических параметров и технических характеристик тепловых двигателей" (Контрольная работа)
3. "Расчёт термодинамических параметров и технических характеристик турбокомпрессоров" (Контрольная работа)
4. Тестирование на знание формул (Тестирование)

Форма реализации: Проверка качества оформления задания

1. Зачёт по лабораторным работам по насосам, вентиляторам и эжектору (Интервью)

## БРС дисциплины

6 семестр

| Раздел дисциплины                                                                                                                                                                | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|
|                                                                                                                                                                                  | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 |
|                                                                                                                                                                                  | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 10   | 12   | 16   |
| Тепловые двигатели                                                                                                                                                               |                                 |      |      |      |      |      |
| Классификация нагнетательных и расширительных машин. Циклы тепловых двигателей и установок. Когенерационные установки на базе известных типов нагнетателей и тепловых двигателей | +                               |      |      |      |      |      |
| Принципиальные основы течения рабочего тела в турбине и турбонагнетателе. Основные уравнения термодинамики и газодинамики                                                        | +                               |      |      |      |      | +    |
| Паровые и газовые турбины и их особенности. Потери энергии в проточной части турбин.                                                                                             | +                               |      |      |      |      | +    |
| Сопловые аппараты турбин. Анализ движения газа в сопловом аппарате. Рабочие колеса турбин. Активные и                                                                            | +                               |      |      |      |      |      |

|                                                                                                                     |    |    |    |    |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|
| реактивные турбины                                                                                                  |    |    |    |    |    |
| Характеристики турбин. Сопоставление радиальных и осевых ступеней турбин. Регулирование турбин                      | +  |    |    |    |    |
| Нагнетатели                                                                                                         |    |    |    |    |    |
| Компрессоры объемного и кинетического типов. Преимущества и недостатки отдельных типов машин                        |    | +  |    |    |    |
| Свойства турбокомпрессоров. Диффузоры и рабочие колеса турбокомпрессоров                                            |    | +  |    |    | +  |
| Теоретическая и действительная характеристики турбокомпрессора. Работа турбокомпрессора на сеть. Явление помпажа.   |    | +  |    |    |    |
| Регулирование турбокомпрессоров. Способы регулирования. Группы сетевых потребителей                                 |    | +  |    |    | +  |
| Центробежные насосы. Центробежные и осевые вентиляторы                                                              |    |    |    |    |    |
| Центробежные насосы. Формы рабочих колес. Коэффициент быстроходности. КПД и мощность центробежных насосов           |    |    | +  | +  |    |
| Характеристики центробежных насосов. Способы регулирования насосов. Допустимая высота всасывания. Явление кавитации |    |    | +  | +  |    |
| Центробежные вентиляторы. Основные типы вентиляторов, применяемых в теплоэнергетике – дутьевые и дымососы           |    |    | +  | +  |    |
| Осевые вентиляторы. Схемы вентиляторов и их анализ.                                                                 |    |    | +  | +  |    |
| Регулирование вентиляторов                                                                                          |    |    | +  | +  |    |
| Вес КМ:                                                                                                             | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

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

| Индекс компетенции | Индикатор                                                                                                                          | Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                     | Контрольная точка                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1               | ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики и теплотехники | Знать:<br>свойства основных типов нагнетателей и тепловых двигателей<br>основные источники научно-технической информации по нагнетателям и тепловым двигателям<br>Уметь:<br>самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи | "Расчёт термодинамических параметров и технических характеристик тепловых двигателей" (Контрольная работа)<br>"Расчёт термодинамических параметров и технических характеристик турбокомпрессоров" (Контрольная работа)<br>Зачёт по лабораторным работам по насосам, вентиляторам и эжектору (Интервью) |
| ПК-1               | ИД-4 <sub>ПК-1</sub> Принимает участие в оценке энергетической эффективности объектов теплоэнергетики и теплотехники               | Знать:<br>осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимую информацию<br>Уметь:<br>анализировать информацию о новых                                                                                                                            | "Расчёт параметров насосов и вентиляторов" (Контрольная работа)<br>Тестирование на знание формул (Тестирование)                                                                                                                                                                                        |

|  |  |                                                                 |  |
|--|--|-----------------------------------------------------------------|--|
|  |  | технологиях применения<br>нагнетателей и тепловых<br>двигателей |  |
|--|--|-----------------------------------------------------------------|--|

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

### **КМ-1. "Расчёт термодинамических параметров и технических характеристик тепловых двигателей"**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студентам выдаются индивидуальные задания на практическом занятии. На выполнения задания отводится 90 минут.

**Краткое содержание задания:**

Задача

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: основные источники научно-технической информации по нагнетателям и тепловым двигателям | 1.Изобразить термодинамический цикл теплового двигателя согласно индивидуальному заданию<br>2.Чем определяется положение рабочей точки на характеристике нагнетателя<br>3.Какие преимущества и недостатки имеет способ регулирования дросселирование на всасывании |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задание выполнено по предложенной (на лекции) методике, ответ корректный (верный), задание выполнено самостоятельно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задание выполнено по предложенной (на лекции) методике, но ответ не полностью корректный (верный) из-за неточностей в расчётах, задание выполнено самостоятельно

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задание выполнено по предложенной (на лекции) методике, но ответ не полный из-за ошибок в расчётах, задание выполнено самостоятельно

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задание не выполнено совсем или использованы не адекватные лекциям методики

### **КМ-2. "Расчёт термодинамических параметров и технических характеристик турбокомпрессоров"**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студентам выдаются индивидуальные задания на практическом занятии. На выполнения задания отводится 90 минут.

**Краткое содержание задания:**

Основные типы турбокомпрессоров

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: свойства основных типов нагнетателей и тепловых двигателей | 1. Отличия и особенности турбокомпрессоров<br>2. Чем ограничено отношение давлений в ступенях турбокомпрессора?<br>3. В каких установках применяется осевой компрессор?<br>4. Перечислите виды КПД, используемых для характеристики турбокомпрессора. |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задачи полностью решены по данным на лекции методикам. Результаты адекватные заданию. Работа выполнена самостоятельно.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задачи решены по данным на лекции методикам. Результаты адекватные заданию, но имеются технические ошибки в расчётах. Работа выполнена самостоятельно.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задачи решены по данным на лекции методикам. Результаты не полностью соответствуют заданию (часть параметров не рассчитаны). Работа выполнена самостоятельно.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задачи не решены, либо использованы неверные методики.

**КМ-3. "Расчёт параметров насосов и вентиляторов"**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студентам выдаются индивидуальные задания на практическом занятии. На выполнения задания отводится 90 минут.

**Краткое содержание задания:**

Основные параметры насосов и вентиляторов

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                           |                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и | 1. Как зависит напор насоса от его подачи<br>2. Последовательное соединение насосов. Построение характеристик. Особенности включения/отключения |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                        |             |                                                                                                                             |
|------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| выбирать<br>информацию | необходимую | насосов при совместной работе.<br>3.Способы регулирования вентиляторов.<br>4.Понятие кавитации. Кавитационный запас насоса. |
|------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задачи полностью решены по данным на лекции методикам. Результаты адекватные заданию. Работа выполнена самостоятельно.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задачи полностью решены по данным на лекции методикам. Результаты адекватные заданию, но есть технические ошибки в расчётах. Работа выполнена самостоятельно.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задачи решены по данным на лекции методикам, но не полностью. Результаты не полностью соответствуют заданию. Работа выполнена самостоятельно.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задачи не решены, либо использованы не правильные методики.

#### КМ-4. Зачёт по лабораторным работам по насосам, вентиляторам и эжектору

**Формы реализации:** Проверка качества оформления задания

**Тип контрольного мероприятия:** Интервью

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 20**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты представляют отчёты по лабораторным работам (один на группу из 3-4 человек). Проводится опрос по полученным результатам обработки опытов и теоретическим вопросам по теме.

#### Краткое содержание задания:

Представить результаты обработки опытов и сравнить их с теоретическими данными

#### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи | 1. Построить характеристику параллельно соединённых насосов<br>2. Зависимость давления вентилятора от его производительности<br>3. Состав и назначение элементов лабораторной установки. Принцип действия установки.<br>4. Как будет выглядеть график зависимости $H=f(Q)$ , если манометр, установленный перед напорной задвижкой, перенести с этой позиции непосредственно за напорную задвижку?<br>5. Почему запрещается запускать насос при закрытой задвижке на всасе? |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

*Описание характеристики выполнения знания:* Обработанные данные опытных измерений соответствуют теоретическим зависимостям, заданным на лекциях. Студент при ответах на вопросы преподавателя демонстрирует понимание зависимостей и даёт правильные ответы на вопросы преподавателя. Студенты демонстрируют навыки командной работы в бригаде в ходе проведения испытаний, снятия параметров с приборов и обработки результатов, сравнения опытных данных с теоретическими

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

*Описание характеристики выполнения знания:* Обработанные данные опытных измерений соответствуют теоретическим зависимостям, заданным на лекциях. Студент при ответах на вопросы преподавателя демонстрирует понимание основных зависимостей и даёт правильные ответы на вопросы преподавателя, но затрудняется с ответами на дополнительные вопросы типа "что будет если?". Студенты демонстрируют навыки командной работы в бригаде в ходе проведения испытаний, снятия параметров с приборов и обработки результатов, сравнения опытных данных с теоретическими

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Обработанные данные опытных измерений соответствуют теоретическим зависимостям, заданным на лекциях. Студент затрудняется с ответами на вопросы преподавателя в части понимания основных зависимостей и с ответами на дополнительные вопросы типа "что будет если?". Студенты демонстрируют навыки командной работы в бригаде в ходе проведения испытаний, снятия параметров с приборов и обработки результатов, сравнения опытных данных с теоретическими

Оценка: 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Обработанные данные опытных измерений не соответствуют теоретическим зависимостям, заданным на лекциях. Студент не может ответить на вопросы преподавателя в части понимания основных зависимостей. Студент не участвует в командной работе в бригаде в ходе проведения испытаний, снятия параметров с приборов и обработки результатов, сравнения опытных данных с теоретическими, а ждёт когда это делают другие члены бригады.

### **КМ-5. Тестирование на знание формул**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты выполняют индивидуальное задание на практическом занятии

**Краткое содержание задания:**

Как зависит давление от формы лопатки насоса?

**Контрольные вопросы/задания:**

|              |               |                                                   |
|--------------|---------------|---------------------------------------------------|
| Уметь:       | анализировать | 1.Какой параметр определяет уравнение Бернулли    |
| информацию   | о новых       | 2.Пересчитайте цикл теплового двигателя на другие |
| технологиях  | применения    | начальные параметры.                              |
| нагнетателей | и тепловых    | 3.В каких случаях применяется последовательное    |
| двигателей   |               | включение нагнетателей                            |

**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

## 6 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

Билет включает два теоретических вопроса и одну задачу. Пример билета: Вопрос 1. Регулирование компрессора дросселированием.

Вопрос 2. Схема ГТУ с силовой турбиной. Задача: Определить потребляемую мощность привода питательного насоса котла паропроизводительностью 250 т/ч, если давление в барабане  $P_6 = 12$  МПа, суммарное сопротивление всасывающего и нагнетательного трубопроводов  $\Sigma P = 0,2$  МПа, давление в деаэраторе  $P_d = 0,1$  МПа, коэффициент запаса по мощности  $k = 1,1$ , КПД  $\eta = 70\%$ , геометрическая отметка деаэратора  $Z_1 = 12$  м, геометрическая отметка барабана котла  $Z_2 = 50$  м

### Процедура проведения

Студент самостоятельно вытягивают билеты. Время на подготовку к ответу 40 минут. Ответы на вопросы билета и дополнительные вопросы, задаваемые преподавателем в ходе экзамена, осуществляются индивидуально. Преподаватель ставит студенту отметку, сообщает её студенту и может, по своему усмотрению, задать дополнительные уточняющие вопросы по просьбе студента, если последний не согласен с отметкой. В результате достигается полное понимание студентом поставленной за экзамен отметки.

### *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. От каких параметров зависит КПД ПТУ?
2. Что такое рабочая точка системы насос-сеть?
3. Как форма рабочих лопаток вентилятора влияет на развиваемое им давление?
4. От каких параметров рабочего колеса зависит работа компрессора?

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какие факторы определяют максимальную работу нагнетателя?

Ответы:

Устный опрос

Верный ответ: Расход, напор, плотность перекачиваемой среды

2. Какое влияние на показатели нагнетателя оказывают число лопаток рабочего колеса?

Ответы:

Устный опрос

Верный ответ: Число лопаток влияет на расчетный расход рабочего колеса

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

#### Вопросы, задания

1. Как устроена сопловая решётка паровой турбины?
2. Как мощность ГТУ зависит от температуры наружного воздуха?

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

1. Сравните удельную работу, полученную в осевой и радиальной турбине

Ответы:

Устный опрос

Верный ответ: Необходимо показать формульно и графически различия в конструкции и процессе

2. Какие показатели нагнетателя зависят от природы сжимаемого газа ( $R$  и  $k$ )?

Ответы:

Устный опрос

Верный ответ: Удельная работа сжатия

### **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент даёт исчерпывающие ответы на два теоретических вопроса и правильно решает задачу.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент даёт адекватные ответы на два теоретических вопроса и правильно решает задачу, но затрудняется с ответами на дополнительные вопросы.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент даёт не полные ответы на два теоретических вопроса и допускает ошибки в решении задачи. Студент затрудняется с ответами на дополнительные вопросы.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент не может дать ответы на один из теоретических вопросов и не может решить задачу. Студент не может ответить на дополнительные вопросы.

### **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

Итоговая оценка по курсу выставляется как средневзвешенная оценка контрольных мероприятий успеваемости по дисциплине КМ-1, КМ-2, КМ-3, КМ-4 и оценка за экзамен