

**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  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

В.И. Ситас

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

В.О. Киндра

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

А.Н. Рогалев

(расшифровка  
подписи)

## 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 турбоагрегате. 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: основные источники научно-технической информации по нагнетателям и тепловым двигателям свойства основных типов нагнетателей и тепловых двигателей Уметь: самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи	"Расчёт термодинамических параметров и технических характеристик тепловых двигателей" (Контрольная работа) "Расчёт термодинамических параметров и технических характеристик турбокомпрессоров" (Контрольная работа) 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: осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимую информацию Уметь: анализировать информацию о новых	"Расчёт параметров насосов и вентиляторов" (Контрольная работа) Тестирование на знание формул (Тестирование)

		технологиях применения нагнетателей и тепловых 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	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Изобразить термодинамический цикл теплового двигателя согласно индивидуальному заданию</li><li>2.Чем определяется положение рабочей точки на характеристике нагнетателя</li><li>3.Какие преимущества и недостатки имеет способ регулирования дросселирование на всасывании</li></ol>
---	--

**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

### 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	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отличия и особенности турбокомпрессоров</li> <li>2. Чем ограничено отношение давлений в ступенях турбокомпрессора?</li> <li>3. В каких установках применяется осевой компрессор?</li> <li>4. Перечислите виды КПД, используемых для характеристики турбокомпрессора.</li> </ol>
---	---

**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.

**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 выбирать необходимую информацию	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как зависит напор насоса от его подачи</li> <li>2. Последовательное соединение насосов. Построение характеристик. Особенности включения/отключения насосов при совместной работе.</li> <li>3. Способы регулирования вентиляторов.</li> <li>4. Понятие кавитации. Кавитационный запас насоса.</li> </ol>
---	---

**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.

#### **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:**

<p>Уметь: самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Построить характеристику параллельно соединённых насосов</li><li>2. Зависимость давления вентилятора от его производительности</li><li>3. Состав и назначение элементов лабораторной установки. Принцип действия установки.</li><li>4. Как будет выглядеть график зависимости <math>H=f(Q)</math>, если манометр, установленный перед напорной задвижкой, перенести с этой позиции непосредственно за напорную задвижку?</li><li>5. Почему запрещается запускать насос при закрытой задвижке на всасе?</li></ol>
---	---

**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

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

## **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