

**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: Системы теплоэнергоснабжения городов

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	Гаши Е.Г.
	Идентификатор	R913da1fa-GashoYG-eb0efe14

Е.Г. Гаши

Заведующий
выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яворовский Ю.В.
	Идентификатор	R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149

Ю.В.
Яворовский

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

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 "Расчёт термодинамических параметров и технических характеристик тепловых двигателей" (Контрольная работа)
- КМ-2 "Расчёт термодинамических параметров и технических характеристик турбокомпрессоров" (Контрольная работа)
- КМ-3 "Расчёт параметров насосов и вентиляторов" (Контрольная работа)
- КМ-4 Зачёт по лабораторным работам по насосам, вентиляторам и эжектору (Интервью)
- КМ-5 Тестирование на знание формул (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4

	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	20

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

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

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-2 _{ПК-1} Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики и теплотехники	Знать: свойства основных типов нагнетателей и тепловых двигателей основные источники научно-технической информации по нагнетателям и тепловым двигателям Уметь: самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи	КМ-1 "Расчёт термодинамических параметров и технических характеристик тепловых двигателей" (Контрольная работа) КМ-2 "Расчёт термодинамических параметров и технических характеристик турбокомпрессоров" (Контрольная работа) КМ-4 Зачёт по лабораторным работам по насосам, вентиляторам и эжектору (Интервью)
ПК-1	ИД-4 _{ПК-1} 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	КМ-3 "Расчёт параметров насосов и вентиляторов" (Контрольная работа) КМ-5 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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные источники научно-технической информации по нагнетателям и тепловым двигателям	1.Изобразить термодинамический цикл теплового двигателя согласно индивидуальному заданию 2.Чем определяется положение рабочей точки на характеристике нагнетателя 3.Какие преимущества и недостатки имеет способ регулирования дросселирование на всасывании

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

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 («неудовлетворительно»)

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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: свойства основных типов нагнетателей и тепловых двигателей	1. Отличия и особенности турбокомпрессоров 2. Чем ограничено отношение давлений в ступенях турбокомпрессора? 3. В каких установках применяется осевой компрессор? 4. Перечислите виды КПД, используемых для характеристики турбокомпрессора.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

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 («неудовлетворительно»)

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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимую информацию	1. Как зависит напор насоса от его подачи 2. Последовательное соединение насосов. Построение характеристик. Особенности включения/отключения насосов при совместной работе. 3. Способы регулирования вентиляторов. 4. Понятие кавитации. Кавитационный запас насоса.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

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 («неудовлетворительно»)

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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и	1. Построить характеристику параллельно соединённых насосов

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
применять их для решения поставленной задачи	2. Зависимость давления вентилятора от его производительности 3. Состав и назначение элементов лабораторной установки. Принцип действия установки. 4. Как будет выглядеть график зависимости $H=f(Q)$, если манометр, установленный перед напорной задвижкой, перенести с этой позиции непосредственно за напорную задвижку? 5. Почему запрещается запускать насос при закрытой задвижке на всасе?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

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 («неудовлетворительно»)

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:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: анализировать информацию о новых технологиях применения нагнетателей и тепловых двигателей	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_{ПК-1} 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_{ПК-1} 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 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

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 («неудовлетворительно»)

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.