

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

Направление подготовки/специальность: 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Котлы, камеры сгорания и парогенераторы АЭС

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Камеры сгорания ГТУ и котлы-утилизаторы**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Росляков П.В.
	Идентификатор	R9593e97f-RoslyakovPV-3c5b725f

П.В. Росляков

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Плешанов К.А.
	Идентификатор	R002eb276-PleshanovKA-9092810f

К.А.
Плешанов

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Плешанов К.А.
	Идентификатор	R002eb276-PleshanovKA-9092810f

К.А.
Плешанов

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 к конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения

ИД-2 Разрабатывает конструкцию элементов объектов профессиональной деятельности

ИД-3 Выполняет расчеты элементов объектов профессиональной деятельности

2. РПК-4 Способен принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании объектов энергетического машиностроения

ИД-1 Демонстрирует понимание взаимного влияния условий работы отдельных элементов объектов профессиональной деятельности

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Введение. Энергетические газотурбинные установки. Камеры сгорания энергетических установок (Контрольная работа)

2. Комбинированные циклы (Контрольная работа)

3. Методики расчета КС (Контрольная работа)

4. Особенности процессов горения и тепло-, массообмена в камерах сгорания (Контрольная работа)

Форма реализации: Выполнение задания

1. Выполнение и защита расчетного задания (Расчетно-графическая работа)

БРС дисциплины

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Введение. Энергетические газотурбинные установки. Камеры сгорания энергетических установок (Контрольная работа)

КМ-2 Особенности процессов горения и тепло-, массообмена в камерах сгорания (Контрольная работа)

КМ-3 Методики расчета КС (Контрольная работа)

КМ-4 Комбинированные циклы (Контрольная работа)

КМ-5 Выполнение и защита расчетного задания (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %
-------------------	---------------------------------

	Индекс КМ:	КМ- 1	КМ- 2	КМ- 3	КМ- 4	КМ- 5
	Срок КМ:	4	8	12	15	16
Введение. Энергетические газотурбинные установки. Камеры сгорания энергетических установок						
Введение. Энергетические газотурбинные установки. Камеры сгорания энергетических установок	+					+
Особенности процессов горения и тепло-, массообмена в камерах сгорания.						
Особенности процессов горения и тепло-, массообмена в камерах сгорания.		+				+
Методики теплового и гидравлического расчета камер сгорания.						
Методики теплового и гидравлического расчета камер сгорания.				+		+
Повышение эффективности ТЭС за счет реализации комбинированных циклов. Особенности конструкции и рабочих процессов в котлах утилизаторах						
Повышение эффективности ТЭС за счет реализации комбинированных циклов. Особенности конструкции и рабочих процессов в котлах утилизаторах					+	+
Вес КМ:		15	15	15	15	40

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

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

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-2 _{ПК-1} Разрабатывает конструкцию элементов объектов профессиональной деятельности	Знать: особенности процессов горения топлив и тепло-, массообмена в камерах сгорания ГТУ область применения, принцип действия, преимущества и недостатки конструкций камер сгорания ГТУ Уметь: оценивать влияние различных факторов на эффективность работы камер сгорания ГТУ	КМ-2 Особенности процессов горения и тепло-, массообмена в камерах сгорания (Контрольная работа) КМ-4 Комбинированные циклы (Контрольная работа) КМ-5 Выполнение и защита расчетного задания (Расчетно-графическая работа)
ПК-1	ИД-3 _{ПК-1} Выполняет расчеты элементов объектов профессиональной деятельности	Знать: методики гидравлического и теплового расчета камеры сгорания ГТУ Уметь: использовать методики расчетов камер сгорания ГТУ и котлов-утилизаторов	КМ-3 Методики расчета КС (Контрольная работа) КМ-5 Выполнение и защита расчетного задания (Расчетно-графическая работа)
РПК-4	ИД-1 _{РПК-4} Демонстрирует	Знать:	КМ-1 Введение. Энергетические газотурбинные установки. Камеры

	понимание взаимного влияния условий работы отдельных элементов объектов профессиональной деятельности	основные закономерности термодинамических процессов в ПГУ и котлах утилизаторах Уметь: обосновывать выбор конструкций и параметров камер сгорания для конкретных условий их эксплуатации	сгорания энергетических установок (Контрольная работа) КМ-5 Выполнение и защита расчетного задания (Расчетно-графическая работа)
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Введение. Энергетические газотурбинные установки. Камеры сгорания энергетических установок

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 45 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам.

Краткое содержание задания:

Контрольная работа ориентирована на проверку знаний, терминов и определений

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные закономерности термодинамических процессов в ПГУ и котлах утилизаторах	1.Классификация камер сгорания ГТУ по назначению, компоновке, конструкции, направлению потоков, виду сжигаемого топлива, количеству горелок. Приведите принципиальные схемы.

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. Особенности процессов горения и тепло-, массообмена в камерах сгорания

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 45 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам.

Краткое содержание задания:

Контрольная работа ориентирована на проверку знаний, терминов и определений

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: особенности процессов горения топлив и тепло-, массообмена в камерах сгорания ГТУ	1. Дайте определения богатых и бедных топливно-воздушных смесей. Переобогащенные и переобедненные смеси. Опишите основные условия для обеспечения устойчивого горения топлива в потоке. Каким образом они реализуются в камере сгорания ГТУ 2. Особенности теплоотвода с внутренней и наружной стенок пламенной трубы. Основные положения и уравнения. Рекомендации по снижению температуры стенки пламенной трубы

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-3. Методики расчета КС

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 45 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам.

Краткое содержание задания:

Контрольная работа ориентирована на проверку знаний, терминов и определений

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методики гидравлического и теплового расчета камеры сгорания ГТУ	1. Основные положения и уравнения гидравлического расчета камеры сгорания ГТУ.

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-4. Комбинированные циклы

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 45 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам.

Краткое содержание задания:

Контрольная работа ориентирована на проверку знаний, терминов и определений

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: область применения, принцип действия, преимущества и недостатки конструкций камер сгорания ГТУ	1. Утилизационная ПГУ с котлом-утилизатором. Приведите схему, T-s диаграмму, дайте необходимые пояснения. Объясните принципиальные отличия паротурбинных и парогазовых энергетических установок. 2. Схема двухконтурной ПГУ утилизационного типа. Основные параметры и характеристики. Приведите T-s и T-Q диаграмму и дайте необходимые пояснения. Конструктивные особенности и основные технико-экономические характеристики современных котлов-утилизаторов. Дайте необходимые пояснения. 3. Особенности ПГУ с дожиганием топлива в котле-утилизаторе. Приведите схему, T-s и T-Q диаграмму,

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	дайте необходимые пояснения. Как организуется сжигание топлива в отходящих газах ГТУ?

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-5. Выполнение и защита расчетного задания

Формы реализации: Выполнение задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 40

Процедура проведения контрольного мероприятия: Расчетное задание выполняется с использованием программного комплекса «Расчет камеры сгорания ГТУ», реализующим утвержденные расчетные методики в зависимости от режимных и конструктивных характеристик камер сгорания, а также вида сжигаемого топлива.

Краткое содержание задания:

В процессе выполнения расчетного задания студент должен провести расчет материального баланса камеры сгорания, обосновать конструкцию камеры сгорания и выполнить ее гидравлический расчет по нормативным расчетным методикам

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: оценивать влияние различных факторов на эффективность работы камер сгорания ГТУ	1. Каким образом в расчете камеры сгорания обеспечивается требуемая степень выгорания топлива
Уметь: использовать методики расчетов камер сгорания ГТУ и котлов-утилизаторов	1. Как рассчитывается сопротивление камеры сгорания в изотермических условиях 2. Каким образом производится выбор количества и диаметра отверстий смесителя
Уметь: обосновывать выбор конструкций и параметров камер сгорания для конкретных	1. Оцените влияние температуры атмосферного воздуха на рабочий

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
условий их эксплуатации	процесс ГТУ 2.Как в конструкции камеры сгорания реализуется охлаждение стенок пламенной трубы

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: РГР считается выполненной «Отлично», если она оформлена в соответствии с требованиями, работа выполнена правильно и даны правильные ответы на не менее чем на 90% вопросов заданных на защите РГР

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: РГР считается выполненной «Хорошо», если при её оформлении допущены незначительные отклонения от требований в графических элементах, таблицах и текстовой части, в работе имеются незначительные ошибки, имеются незначительные ошибки, и даны правильные ответы на не менее чем на 75% вопросов заданных на защите РГР

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: РГР считается выполненной «Удовлетворительно», если при её оформлении допущены не-значительные отклонения от требований в графических элементах, таблицах и текстовой части или в одной из указанных частей работы допущены грубые ошибки, имеются незначительные или даже грубые ошибки, после указания которых, студент правильно от-метил изменение результата и наметил ход их исправления, даны правильные ответы на не менее чем на 50% вопросов заданных на защите РГР

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: РГР считается выполненной «Неудовлетворительно», если а) при её оформлении в соответствии с требованиями в графических элементах, таблицах и текстовой части допущены грубые ошибки; б) расчёт выполнен неправильно, и не намечен верный ход выполнения работы, после указания грубых ошибок неправильно дан ответ по изменению результата РГР; в) даны правильные ответы на менее чем на 50% вопросов заданных на защите РГР

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Схема и описание работы простейшей ГТУ. Особенности идеального цикла Брайтона, его представление в Т-s и p-v координатах с подробными пояснениями.
2. Принципиальные пути повышения эффективности энергетических установок. Их особенности и достигаемый эффект.
3. Задача.

Процедура проведения

Экзамен проводится в письменной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 2,5 часа

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-1 Разрабатывает конструкцию элементов объектов профессиональной деятельности

Вопросы, задания

- 1.Классификация котлов-утилизаторов. Способы интенсификации теплообмена в котлах-утилизаторах. Конструктивные и режимные особенности котлов-утилизаторов.
- 2.Классификация камер сгорания ГТУ по назначению, компоновке, конструкции, направлению потоков, виду сжигаемого топлива, количеству горелок. Приведите принципиальные схемы.

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.Рабочим телом энергетической газотурбинной установки является:

Ответы:

- а) перегретый пар;
- б) насыщенный пар;
- в) пароводяная смесь;
- г) продукты сгорания;
- д) сжатый воздух.

Верный ответ: г)

- 2.С увеличением температуры атмосферного воздуха мощность ГТУ:

Ответы:

- а) возрастает;
- б) уменьшается;
- в) сначала возрастает, а затем уменьшается;
- г) сначала уменьшается, а затем возрастает;
- д) остается неизменной.

Верный ответ: б)

- 3.Выносными называются камеры сгорания ГТУ:

Ответы:

- а) размещенные между компрессором и газовой турбиной вокруг вала ГТУ;
- б) установленные рядом с корпусом ГТУ;
- в) имеющие собственный силовой корпус;
- г) размещенные в отдельном силовом корпусе с одной или двумя пламенными трубами, которые располагаются параллельно или перпендикулярно продольной оси ГТУ.

Верный ответ: г)

2. Компетенция/Индикатор: ИД-ЗПК-1 Выполняет расчеты элементов объектов профессиональной деятельности

Вопросы, задания

1. Схема и описание работы простейшей ГТУ. Идеальный цикл Брайтона, его представление в T-s и p-v координатах и необходимые пояснения.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Смеситель камеры сгорания – это устройство, служащее для

Ответы:

- а) организации смешения топлива и воздуха с заданным избытком воздуха;
- б) подачи воздуха в первичную зону горения с целью устойчивого воспламенения;
- в) подачи воздуха в зону дожигания топлива с целью полного выгорания топлива;
- г) подачи воздуха в газовый поток с целью снижения его температуры до установленного уровня с допустимой неравномерностью;
- д) увеличения расхода рабочего тела перед газовой турбиной.

Верный ответ: г)

2. КПД утилизационных ПГУ составляет:

Ответы:

- а) 35-40%;
- б) 41-45%;
- в) 46-50%;
- г) 51-55%;
- д) 56-60%.

Верный ответ: д)

3. Температура питательной воды перед котлом-утилизатором составляет:

Ответы:

- а) 50-60°C;
- б) 61-70°C;
- в) 71-80°C;
- г) 81-90°C;

- д) зависит от давления среды.

Верный ответ: а)

3. Компетенция/Индикатор: ИД-1РПК-4 Демонстрирует понимание взаимного влияния условий работы отдельных элементов объектов профессиональной деятельности

Вопросы, задания

- 1. Уравнение теплового баланса для камеры сгорания ГТУ. Дайте подробные пояснения по приходной и расходной частям уравнения теплового баланса.
- 2. Цели и задачи гидравлического расчета камеры сгорания ГТУ. Основные допущения, принимаемые в гидравлическом расчете. Из чего складывается сопротивление КС
- 3. Потери полного напора в КС в изотермических условиях – основные уравнения. Потери полного напора в КС, обусловленные горением (основные уравнения).
- 4. Конструктивная схема камеры сгорания ГТУ. Основные элементы камеры сгорания ГТУ, их назначение и конструктивные характеристики.

5.Проведите обоснованное сравнение преимуществ и недостатков встроенных и выносных камер сгорания ГТУ.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Рабочий процесс в камере сгорания ГТУ характеризуется:

Ответы:

- а) адиабатными условиями;
- б) значительным снижением давления газов;
- в) низкими тепловыми и гидравлическими потерями;
- г) высокими потерями теплоты через корпус;
- д) высокими тепловыми и гидравлическими потерями.

Верный ответ: в)

2.Эмиссия оксидов азота в камерах сгорания энергетических ГТУ в соответствии со стандартом ограничена на уровне менее:

Ответы:

- а) 25 мг/нм³ (в пересчете на O₂ = 6%);
- б) 25 мг/нм³ (в пересчете на O₂ = 15%);
- в) 50 мг/нм³ (в пересчете на O₂ = 6%);
- г) 50 мг/нм³ (в пересчете на O₂ = 15%);
- д) 150 мг/нм³ (в пересчете на O₂ = 6%);
- е) 150 мг/нм³ (в пересчете на O₂ = 15%).

Верный ответ: г)

3.В сбросных ПГУ в качестве топлива в паротурбинном цикле может использоваться:

Ответы:

- а) только природный газ;
- б) природный газ и мазут;
- в) твердое топливо с подсветкой мазутом;
- г) **любое топливо.**

Верный ответ: г)

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета, но допустившему при этом не принципиальные ошибки

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил некоторые ошибки, а также неполностью выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но наметил правильный путь его выполнения

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета; б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из экзаменационного билета.

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 экзаменационной составляющих.