

**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  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

П.В.

Росляков

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

К.А.

Плешанов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

К.А.

Плешанов

(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 к конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения

ИД-2 Разрабатывает конструкцию элементов объектов профессиональной деятельности

ИД-3 Выполняет расчеты элементов объектов профессиональной деятельности

2. ПК-2 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

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	11	13	14
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

\$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> Разрабатывает конструкцию элементов объектов профессиональной деятельности	Знать: особенности процессов горения топлив и тепло-, массообмена в камерах сгорания ГТУ основные закономерности термодинамических процессов в ПГУ и котлах утилизаторах Уметь: оценивать влияние различных факторов на эффективность работы камер сгорания ГТУ	Особенности процессов горения и тепло-, массообмена в камерах сгорания (Контрольная работа) Комбинированные циклы (Контрольная работа) Выполнение и защита расчетного задания (Расчетно-графическая работа)
ПК-1	ИД-3 <sub>ПК-1</sub> 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	Методики расчета КС (Контрольная работа) Выполнение и защита расчетного задания (Расчетно-графическая работа)
ПК-2	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует понимание взаимного	Знать: область применения,	Введение. Энергетические газотурбинные установки. Камеры сгорания энергетических установок (Контрольная работа)

	влияния условий работы отдельных элементов объектов профессиональной деятельности	принцип действия, преимущества и недостатки конструкций камер сгорания ГТУ	
--	---	--	--

## 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:

Знать: область применения, принцип действия, преимущества и недостатки конструкций камер сгорания ГТУ	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Принципиальная схема и описание работы простейшей ГТУ с ее основными параметрами. Процессы преобразования энергии в ГТУ</li><li>2. Конструктивная схема камеры сгорания ГТУ. Основные элементы камеры сгорания ГТУ, их назначение и конструктивные характеристики</li><li>3. Классификация камер сгорания ГТУ по назначению, компоновке, конструкции, направлению потоков, виду сжигаемого топлива, количеству горелок. Приведите принципиальные схемы.</li><li>4. Проведите обоснованное сравнение преимуществ и недостатков встроенных и выносных камер сгорания ГТУ</li><li>5. Диффузионные и кинетические горелочные устройства камер сгорания ГТУ, их назначение и конструкции. Преимущества и недостатки</li></ol>
---	---

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*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*

*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*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

<p>Знать: особенности процессов горения топлив и тепло-, массообмена в камерах сгорания ГТУ</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Характеристики рабочего процесса в камере сгорания ГТУ. Их определение, численные значения, влияние на надежность и экономичность работы. Приведите зависимости изменения расхода, степени выгорания топлива, температуры, давления и скорости газов по длине пламенной трубы и дайте их пояснения</li><li>2. 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</li><li>3. Приведите схему зоны горения и смешения в камере сгорания ГТУ и опишите основные процессы, протекающие в этих зонах, и их количественные характеристики. Основные требования к данным зонам. Приведите графики изменения расхода и температуры среды, степени выгорания топлива, давления и скорости среды по длине камеры сгорания ГТУ. Дайте необходимые пояснения</li><li>4. Основные характеристики камеры сгорания ГТУ (коэффициент избытка воздуха, степень выгорания топлива, относительные потери полного напора и неравномерность поля температур на выходе из КС). Дайте их определения, численные значения и объясните их изменение по длине КС</li><li>5. Влияние температуры атмосферного воздуха на рабочие и технико-экономические характеристики ГТУ. Как они различаются при работе ГТУ в летний и зимний периоды</li><li>6. Особенности теплоотвода с внутренней и наружной стенок пламенной трубы. Основные положения и уравнения. Рекомендации по снижению температуры стенки пламенной трубы</li></ol>
---	--

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

*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

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

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

<p>Знать: методики гидравлического и теплового расчета камеры сгорания ГТУ</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Уравнение теплового баланса для камеры сгорания ГТУ. Дайте подробные пояснения по <b>приходной и расходной частям</b> уравнения теплового баланса</li><li>2. Как определяется и из чего складывается сопротивление (падение полного напора) камеры сгорания ГТУ. Дайте необходимые пояснения</li><li>3. Цели и задачи гидравлического расчета камеры сгорания ГТУ. Основные допущения, принимаемые в гидравлическом расчете. Из чего складывается сопротивление КС</li><li>4. Сопротивление КС в изотермических условиях. Выражения для сопротивления трения и местного сопротивления</li><li>5. Приведите вывод для перепада статического давления на стенке пламенной трубы КС</li><li>6. Основные положения и уравнения гидравлического расчета камеры сгорания ГТУ.</li></ol>
--	--

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5

*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

*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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

<p>Знать: основные закономерности термодинамических процессов в ПГУ и котлах утилизаторах</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Основные типы комбинированных циклов и их особенности. Приведите примеры энергетических установок, дайте необходимые пояснения и T-s диаграммы. За счет чего происходит повышение КПД?</li><li>2. Дайте определение ПГУ. Чем принципиально отличаются утилизационные и сбросные ПГУ? Приведите схемы, T-s диаграммы, дайте необходимые пояснения.</li><li>3. КПД утилизационной и сбросной ПГУ. Дайте необходимые пояснения.</li><li>4. Утилизационная ПГУ с котлом-утилизатором. Приведите схему, T-s диаграмму, дайте необходимые пояснения. Объясните принципиальные отличия паротурбинных и парогазовых энергетических установок.</li><li>5. 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.</li><li>6. Особенности ПГУ с дожиганием топлива в котле-утилизаторе. Приведите схему, T-s и T-Q диаграмму, дайте необходимые пояснения. Как организуется сжигание топлива в отходящих газах ГТУ?</li></ol>
---	---

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

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

Уметь: оценивать влияние различных факторов на эффективность работы камер сгорания ГТУ	1.Каким образом производится выбор количества и диаметра отверстий смесителя 2.Как в конструкции камеры сгорания реализуется охлаждение стенок пламенной трубы 3. Каким образом в расчете камеры сгорания обеспечивается требуемая степень выгорания топлива
Уметь: использовать методики расчетов камер сгорания ГТУ и котлов-утилизаторов	1.Оцените влияние температуры атмосферного воздуха на рабочий процесс ГТУ 2.Как рассчитывается сопротивление камеры сгорания в изотермических условиях

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5

*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

*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

*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

# 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 T-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. 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. 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. Компетенция/Индикатор:** ИД-3<sub>ПК-1</sub> 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.КПД утилизационных ПГУ составляет:

Ответы:

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

Верный ответ: д)

2.В котлах-утилизаторах для интенсификации теплообмена использую:

Ответы:

- а) трубы с наружным оребрением;
- б) трубы с внутренним оребрением;
- в) газоплотные экранные панели;
- г) плавниковые трубы ;
- д) трубы с вваренными проставками.

Верный ответ: а)

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-2</sub> Демонстрирует понимание взаимного влияния условий работы отдельных элементов объектов профессиональной деятельности

**Вопросы, задания**

1.Влияние повышения давления на выходе из компрессора на термический и внутренний КПД ГТУ. Приведите T-s и p-v диаграммы и поясните принципиальные отличия.

2.Влияние температуры атмосферного воздуха на рабочие и технико-экономические характеристики ГТУ. Как они различаются при работе ГТУ в летний и зимний периоды.

**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. 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)

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*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*

*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 непринципиальные ошибки

*Оценка: 3*

*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

## **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.