

**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 _{ПК-1} 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 _{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 | Методики расчета КС (Контрольная работа) Выполнение и защита расчетного задания (Расчетно-графическая работа) |
| ПК-2 | ИД-1 _{ПК-2} 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">1. Принципиальная схема и описание работы простейшей ГТУ с ее основными параметрами. Процессы преобразования энергии в ГТУ2. Конструктивная схема камеры сгорания ГТУ. Основные элементы камеры сгорания ГТУ, их назначение и конструктивные характеристики3. Классификация камер сгорания ГТУ по назначению, компоновке, конструкции, направлению потоков, виду сжигаемого топлива, количеству горелок. Приведите принципиальные схемы.4. Проведите обоснованное сравнение преимуществ и недостатков встроенных и выносных камер сгорания ГТУ5. Диффузионные и кинетические горелочные устройства камер сгорания ГТУ, их назначение и конструкции. Преимущества и недостатки |
|---|---|

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">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 пояснения2. 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 ГТУ3. 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 пояснения4. 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 КС5. Влияние температуры атмосферного воздуха на рабочие и технико-экономические характеристики ГТУ. Как они различаются при работе ГТУ в летний и зимний периоды6. 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

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">1. Уравнение теплового баланса для камеры сгорания ГТУ. Дайте подробные пояснения по приходной и расходной частям уравнения теплового баланса2. Как определяется и из чего складывается сопротивление (падение полного напора) камеры сгорания ГТУ. Дайте необходимые пояснения3. Цели и задачи гидравлического расчета камеры сгорания ГТУ. Основные допущения, принимаемые в гидравлическом расчете. Из чего складывается сопротивление КС4. Сопротивление КС в изотермических условиях. Выражения для сопротивления трения и местного сопротивления5. Приведите вывод для перепада статического давления на стенке пламенной трубы КС6. Основные положения и уравнения гидравлического расчета камеры сгорания ГТУ. |
|--|--|

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">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?2. Дайте определение ПГУ. Чем принципиально отличаются утилизационные и сбросные ПГУ? Приведите схемы, T-s диаграммы, дайте необходимые пояснения.3. КПД утилизационной и сбросной ПГУ. Дайте необходимые пояснения.4. Утилизационная ПГУ с котлом-утилизатором. Приведите схему, T-s диаграмму, дайте необходимые пояснения. Объясните принципиальные отличия паротурбинных и парогазовых энергетических установок.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.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? |
|---|---|

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_{ПК-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.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_{ПК-2} 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.