

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Энергообеспечение предприятий. Высокотемпературные процессы и установки

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Моделирование тепловых схем энергетических комплексов**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

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

В.О. Киндра

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Писарев Д.С.
	Идентификатор	Radb74374-PisarevDS-0915d1cb

Д.С.
Писарев

Заведующий
выпускающей кафедрой

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

А.Н.
Рогалев

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 выполнять разработку и модернизацию объектов теплоэнергетики и теплотехники с учетом современных проблем теплоэнергетики, экологической безопасности и с технико-экономическим обоснованием принимаемых решений

ИД-1 Выполняет анализ современных проблем теплоэнергетики и теплотехники

ИД-3 Выполняет технико-экономические расчеты объектов теплоэнергетики и теплотехники

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1. Термодинамические циклы производства электроэнергии и тепла (Тестирование)

2. КМ-2. Моделирование теплофизических процессов в энергетическом оборудовании (Контрольная работа)

3. КМ-3. Анализ структуры и параметров тепловых схем (Контрольная работа)

4. КМ-4. Моделирование тепловых схем энергетических комплексов (Контрольная работа)

БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Виды и характеристики энергетических комплексов					
Принцип работы и основные характеристики существующих и перспективных паротурбинных энергетических комплексов	+	+			
Принцип работы и основные характеристики существующих и перспективных газотурбинных энергетических комплексов	+	+			
Принцип работы и основные характеристики существующих и перспективных парогазовых энергетических комплексов	+	+			
Термодинамический анализ тепловых схем					
Подходы к расчету теплофизических свойств теплоносителей			+	+	+
Подходы к расчету теплофизических процессов, протекающих в энергетическом оборудовании			+	+	+

Методики теплового расчета тепловых схем энергетических комплексов		+	+	+
Конструкции и физические процессы, протекающие в энергетическом оборудовании				
Конструкции и физические процессы, протекающие в энергетическом оборудовании паротурбинных энергетических комплексов			+	
Конструкции и физические процессы, протекающие в энергетическом оборудовании газотурбинных энергетических комплексов			+	
Конструкции и физические процессы, протекающие в энергетическом оборудовании парогазовых энергетических комплексов			+	
Применение информационных технологий для моделирования тепловых схем энергетических комплексов				
Использование современных программных пакетов для проведения термодинамического анализа тепловых схем энергетических комплексов				+
Использование современных программных пакетов для проведения конструкторского расчета основного и вспомогательного оборудования энергетических комплексов				+
Использование современных программных пакетов для проведения поверочных расчетов тепловых схем энергетических комплексов				+
Вес КМ:	10	30	30	30

\$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-1 _{ПК-1} Выполняет анализ современных проблем теплоэнергетики и теплотехники	Знать: принципы функционирования существующих термодинамических циклов для производства электроэнергии и тепла Уметь: анализировать влияние параметров и структуры тепловых схем энергетических комплексов на эффективность производства электроэнергии и тепла	КМ-1. Термодинамические циклы производства электроэнергии и тепла (Тестирование) КМ-3. Анализ структуры и параметров тепловых схем (Контрольная работа)
ПК-1	ИД-3 _{ПК-1} Выполняет технико-экономические расчеты объектов теплоэнергетики и теплотехники	Знать: особенности физических процессов, протекающих в энергетическом оборудовании, и подходы к моделированию тепловых схем энергетических комплексов	КМ-2. Моделирование теплофизических процессов в энергетическом оборудовании (Контрольная работа) КМ-4. Моделирование тепловых схем энергетических комплексов (Контрольная работа)

		Уметь: рассчитывать тепловые схемы энергетических комплексов	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. КМ-1. Термодинамические циклы производства электроэнергии и тепла

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают вариант теста. На выполнение теста отводится 15 минут без возможности пользоваться вспомогательным материалом

Краткое содержание задания:

Ориентирован на проверку знания по соответствующему разделу дисциплины

Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: принципы функционирования существующих термодинамических циклов для производства электроэнергии и тепла</p>	<p>1.Использование какого из способов повышения энергоэффективности паротурбинной турбоустановки приводит к снижению массовой доли влаги в паровом потоке на выхлопе цилиндра низкого давления паровой турбины?</p> <ol style="list-style-type: none">1.Увеличение числа регенеративных подогревателей высокого давления2. Увеличение числа регенеративных подогревателей низкого давления3. Применение промежуточного перегрева4. Снижение давления в конденсаторе <p>Ответ: 3</p> <p>2.За счет чего происходит увеличение энергоэффективности паротурбинной установки при повышении температуры питательной воды?</p> <ol style="list-style-type: none">1. За счет роста среднеинтегральной температуры подвода теплоты из цикла2. За счет уменьшения среднеинтегральной температуры отвода теплоты из цикла3. За счет увеличения среднеинтегральной температуры отвода теплоты из цикла <p>Ответ: 1</p> <p>3.Какова величина электрического КПД нетто современных парогазовых установок.</p> <ol style="list-style-type: none">1. 44-54%2. 55-64%3. 65-74% <p>Ответ: 2</p> <p>4.Как изменяется мощность газотурбинной установки с ростом температуры наружного воздуха?</p> <ol style="list-style-type: none">1. Увеличивается2. Уменьшается3. Не изменяется <p>Ответ: 2</p> <p>5.На сколько возрастает электрический КПД нетто</p>
---	---

	паротурбинного энергоблока с введением промежуточного перегрева? 1. На 2-4% 2. На 8-10% 3. На 12-14% Ответ: 1
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

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: 75

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. КМ-2. Моделирование теплофизических процессов в энергетическом оборудовании

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают вариант контрольной работы. На выполнение контрольной работы отводится 45 минут

Краткое содержание задания:

Ориентирован на проверку знания по соответствующему разделу дисциплины

Контрольные вопросы/задания:

Знать: особенности физических процессов, протекающих в энергетическом оборудовании, и подходы к моделированию тепловых схем энергетических комплексов	1. Определить оптимальную степень повышения давления в компрессоре, обеспечивающую максимальное значение удельной полезной работы ГТУ, если известны следующие параметры: - внутренний относительный КПД проточной части газовой турбины 88%, - внутренний относительный КПД проточной части компрессора 83%, - температура наружного воздуха 20°C, - температура рабочей среды на входе в турбину 1400°C, - КПД камеры сгорания 99,4% 2. Рассчитать внутреннюю мощность компрессора ГТУ, если известны следующие параметры:
---	--

	<ul style="list-style-type: none"> - температура наружного воздуха 20°C, давление наружного воздуха 1,013 бар, - внутренний относительный КПД проточной части компрессора 85%, - степень повышения давления в компрессоре 30, коэффициент потерь давления в КВОУ 0,97, - массовый расход воздуха 200 кг/с <p>3. Рассчитать массовый расход натурального топлива, поступающего в камеру сгорания газовой турбины, если известны следующие параметры:</p> <ul style="list-style-type: none"> - давление воздуха на выходе из компрессора ГТУ 2,95 МПа, - температура воздуха на выходе из компрессора ГТУ 385°C, - температура продуктов сгорания на входе в турбину 1400°C, - коэффициент потерь давления в камере сгорания 0,97, - низшая теплота сгорания топлива при нормальных условиях 36 МДж/нм³, - плотность топлива при нормальных условиях 0,75 кг/м³, - КПД камеры сгорания 99,4%, массовый расход воздуха 400 кг/с, - массовые доли компонентов продуктов сгорания (N₂ = 73%, O₂ = 8%, H₂O = 8%, CO₂ = 11%) <p>4. Рассчитать внутреннюю мощность газовой турбины ГТУ, если известны следующие параметры:</p> <ul style="list-style-type: none"> - давление рабочей среды на входе в турбину 2,89 МПа, - температура рабочей среды на входе в турбину 1400°C, - коэффициент потерь давления на выходе из газовой турбины 0,96, - массовый расход рабочей среды на входе в турбину 462,5 кг/с, - внутренний относительный КПД проточной части газовой турбины 90%, - массовые доли компонентов рабочей среды (N₂ = 73%, O₂ = 8%, H₂O = 8%, CO₂ = 11%)
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

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: 75

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

КМ-3. КМ-3. Анализ структуры и параметров тепловых схем

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают вариант контрольной работы. На выполнение контрольной работы отводится 45 минут

Краткое содержание задания:

Ориентирован на проверку умения по соответствующему разделу дисциплины

Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: анализировать влияние параметров и структуры тепловых схем энергетических комплексов на эффективность производства электроэнергии и тепла</p>	<p>1. Рассчитать КПД по выработке электроэнергии брутто для простейшего цикла Ренкина, если известны следующие параметры:</p> <ul style="list-style-type: none">- потери теплоты с уходящими газами 6%, потери теплоты с химическим недожогом 1%, потери теплоты с механическим недожогом 0%, потери теплоты в окружающую среду 1%, потери теплоты со шлаком 0%,- КПД транспорта теплоты 99%,- внутренний относительный КПД турбины 86%,- механический КПД паротурбинной установки 98,5%,- КПД электрогенератора 99%,- температура и давление острого пара 530°C, 13 МПа,- давление в конденсаторе 4 кПа,- давление питательной воды 14,6 МПа <p>2. Оценить изменение термического КПД цикла Ренкина (с учетом затрат энергии на сжатие рабочей среды в питательном насосе) в случае увеличения начальной температуры рабочей среды на 40°C. Исходные параметры:</p> <ul style="list-style-type: none">- начальные параметры рабочей среды 500°C и 10 МПа,- давление в конденсаторе 4,5 кПа,- давление питательной воды 13,3 МПа <p>3. Оценить изменение термического КПД цикла Ренкина (с учетом затрат энергии на сжатие рабочей среды в питательном насосе) в случае увеличения начальной температуры рабочей среды на 40°C. Исходные параметры:</p> <ul style="list-style-type: none">- начальные параметры рабочей среды 480°C и 10 МПа,
---	--

	<ul style="list-style-type: none"> - давление в конденсаторе 5,5 кПа, - давление питательной воды 13,3 МПа
--	--

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

КМ-4. КМ-4. Моделирование тепловых схем энергетических комплексов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают вариант контрольной работы. На выполнение контрольной работы отводится 45 минут

Краткое содержание задания:

Ориентирован на проверку умения по соответствующему разделу дисциплины

Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: рассчитывать тепловые схемы энергетических комплексов</p>	<p>1. Рассчитать КПД по выработке электроэнергии брутто для простейшего цикла Ренкина, если известны следующие параметры:</p> <ul style="list-style-type: none"> - потери теплоты с уходящими газами 4%, потери теплоты с химическим недожогом 1%, потери теплоты с механическим недожогом 0%, потери теплоты в окружающую среду 1%, потери теплоты со шлаком 0%, - КПД транспорта теплоты 99%, - внутренний относительный КПД турбины 89%, - механический КПД паротурбинной установки 98,5%, - КПД электрогенератора 98,5%, - температура и давление острого пара 520°C, 11 МПа, - давление в конденсаторе 3,5 кПа, - давление питательной воды 13,6 МПа <p>2. Рассчитать термический КПД цикла Ренкина с промежуточным перегревом (с учетом затрат энергии на сжатие рабочей среды в питательном насосе) при:</p> <ul style="list-style-type: none"> - начальных параметрах рабочей среды 540°C и 23,5 МПа, - температуре и давлении пара промежуточного перегрева 550°C и 2,4 МПа, - давлении в конденсаторе 5 кПа, давлении питательной воды 28 МПа <p>3. Определить КПД по отпуску электроэнергии нетто для газотурбинной установки при условии, что:</p> <ul style="list-style-type: none"> - внутренняя мощность газовой турбины равна 60
---	--

	<p>МВт,</p> <ul style="list-style-type: none"> - внутренняя мощность компрессора равна 40 МВт, - механический КПД ГТУ 98,5% - КПД электрогенератора 99%, - количество теплоты, подводимое в камеру сгорания с топливом 63,4 МВт, - затраты электроэнергии на собственные нужды ГТУ 0,5 МВт <p>4. Рассчитать термический КПД цикла Ренкина с промежуточным перегревом (с учетом затрат энергии на сжатие рабочей среды в питательном насосе) при:</p> <ul style="list-style-type: none"> - начальных параметрах рабочей среды 550°C и 23,5 МПа, - температуре и давлении пара промежуточного перегрева 555°C и 2,6 МПа, - давлении в конденсаторе 6 кПа, давлении питательной воды 27 МПа
--	--

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

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

Билет №1

1. Требования по надежности, ремонтпригодности, маневренности, экономичности и экологической безопасности ТЭС
2. Термодинамический цикл Брайтона и факторы, определяющие его мощность и тепловую экономичность. Основные энергетические показатели газотурбинной установки
3. Оценить изменение термического КПД цикла Ренкина (с учетом затрат энергии на сжатие рабочей среды в питательном насосе) в случае увеличения начальной температуры рабочей среды на 40°C. Исходные параметры:
 - начальные параметры рабочей среды 500°C и 10 МПа,
 - давление в конденсаторе 4,5 кПа,
 - давление питательной воды 13,3 МПа

Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме, включает теоретические вопросы и задание. К экзамену допускаются студенты, успешно выполнившие и защитившие все контрольные мероприятия

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-1} Выполняет анализ современных проблем теплоэнергетики и теплотехники

Вопросы, задания

1. Классификация ТЭС
2. Классификация парогазовых установок и их тепловые схемы
3. Рассчитать термический КПД цикла Ренкина с промежуточным перегревом (с учетом затрат энергии на сжатие рабочей среды в питательном насосе) при:
 - начальных параметрах рабочей среды 550°C и 23,5 МПа,
 - температуре и давлении пара промежуточного перегрева 555°C и 2,6 МПа,
 - давлении в конденсаторе 6 кПа, давлении питательной воды 27 МПа

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Как изменяется величина требуемого массового расхода на охлаждение деталей горячего тракта при снижении температуры хладагента?

Ответы:

1. Увеличивается
2. Не изменяется
3. Уменьшается

Верный ответ: 3

2. Какой уровень внутреннего относительного КПД проточной части современных цилиндров высокого давления паровых турбин?

Ответы:

1. 84-86%

2. 87-90%

3. 91-93%

Верный ответ: 2

3. От каких факторов не зависит массовый расход рабочей среды на охлаждение деталей горячего тракта газотурбинной установки?

Ответы:

1. Расход рабочей среды в голову турбины

2. Материал сплава, из которого изготавливаются детали горячего тракта

3. Температура наружного воздуха

Верный ответ: 3

2. Компетенция/Индикатор: ИД-ЗПК-1 Выполняет технико-экономические расчеты объектов теплоэнергетики и теплотехники

Вопросы, задания

1. Термодинамический цикл Ренкина и факторы, определяющие его тепловую экономичность. Основные энергетические показатели конденсационного паротурбинного энергоблока

2. Способы повышения термодинамической эффективности конденсационной ПТУ

3. Теплофикационные паротурбинные установки. Сравнение преимуществ и недостатков раздельного и комбинированного способов производств электроэнергии и тепла.

Балансовый (физический) метод разделения затрат топлива на тепло и электроэнергию

Материалы для проверки остаточных знаний

1. На сколько возрастает электрический КПД нетто паротурбинного энергоблока с введением промежуточного перегрева?

Ответы:

1. На 2-4%

2. На 8-10%

3. На 12-14%

Верный ответ: 1

2. Как изменяется температура рабочей среды при расширении в проточной части турбины?

Ответы:

1. Увеличивается

2. Уменьшается

3. Не изменяется

Верный ответ: 2

3. Как изменяется температура рабочей среды при сжатии в проточной части компрессора?

Ответы:

1. Увеличивается

2. Уменьшается

3. Не изменяется

Верный ответ: 1

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании зачетной и экзаменационной составляющих