

**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: Энергообеспечение предприятий. Высокотемпературные процессы и установки**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Энергетические центры промышленных предприятий**

**Москва  
2023**

## 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	Киндра В.О.
	Идентификатор	R429f7b35-KindraVO-2c9422f7

В.О.  
Киндра

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-2 способен участвовать в разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

ИД-1 Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

ИД-2 Принимает участие в разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

2. ПК-4 способен участвовать в эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

ИД-1 Соблюдает правила технологической, производственной и трудовой дисциплины при эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

3. ПК-5 Способен участвовать в организации технического и материального обеспечения эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

ИД-1 Принимает участие в организации технического и материального обеспечения эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1 (Контрольная работа)

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

3. КМ-2 (Контрольная работа)

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

5. КМ-3 (Контрольная работа)

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

7. КМ-4 (Контрольная работа)

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

**БРС дисциплины**

7 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:	25	25	25	25	25

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
	Срок КМ:	4	8	12	16
Разработка конструкций теплообменных аппаратов					
Конструктивные особенности теплообменных аппаратов	+				

Методики проведения конструкторских расчетов теплообменных аппаратов	+			
Критерии и основные подходы к оптимизации конструктивных характеристик теплообменных аппаратов	+			
Разработка конструкций котлов-утилизаторов				
Конструктивные особенности котлов-утилизаторов		+		
Методика проведения конструкторского расчета котла-утилизатора		+		
Разработка конструкций турбомашин				
Конструктивные особенности турбомашин			+	
Методики проведения конструкторских расчетов турбомашин			+	
Разработка конструкций камер сгорания				
Конструктивные особенности камер сгорания				+
Методика проведения конструкторского расчета камеры сгорания				+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$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-2	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий	Знать: знать основные конструктивные особенности и характеристики энергетического оборудования 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-4 (Контрольная работа)
ПК-2	ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Принимает участие в разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий	Знать: принципы функционирования существующих термодинамических циклов для производства электроэнергии и тепла Уметь: осуществлять	КМ-2. Моделирование теплофизических процессов в энергетическом оборудовании (Контрольная работа) КМ-3 (Контрольная работа)

		обоснованный выбор исходных данных для проведения проектно-конструкторских разработок	
ПК-4	ИД-1 <sub>ПК-4</sub> Соблюдает правила технологической, производственной и трудовой дисциплины при эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий	Знать: методы конструкторских расчетов энергетического оборудования Уметь: проводить оптимизацию конструктивных параметров и характеристик энергетического оборудования	КМ-4. Моделирование тепловых схем энергетических комплексов (Контрольная работа) КМ-2 (Контрольная работа)
ПК-5	ИД-1 <sub>ПК-5</sub> Принимает участие в организации технического и материального обеспечения эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий	Знать: особенности физических процессов, протекающих в энергетическом оборудовании, и подходы к моделированию тепловых схем энергетических комплексов Уметь: рассчитывать тепловые схемы энергетических комплексов	КМ-3. Анализ структуры и параметров тепловых схем (Контрольная работа) КМ-1 (Контрольная работа)

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

7 семестр

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

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**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:            знать            основные конструктивные особенности и характеристики энергетического оборудования</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? 1.Увеличение числа регенеративных подогревателей высокого давления 2. Увеличение числа регенеративных подогревателей низкого давления 3. Применение промежуточного перегрева 4. Снижение давления в конденсаторе Ответ: 3 2.За счет чего происходит увеличение энергоэффективности паротурбинной установки при повышении температуры питательной воды? 1. За счет рост среднеинтегральной температуры подвода теплоты из цикла 2. За счет уменьшения среднеинтегральной температуры отвода теплоты из цикла 3. За счет увеличения среднеинтегральной температуры отвода теплоты из цикла Ответ: 1 3.Какова величина электрического КПД нетто современных парогазовых установок. 1. 44-54% 2. 55-64% 3. 65-74% Ответ: 2 4.Как изменяется мощность газотурбинной установки с ростом температуры наружного воздуха? 1. Увеличивается 2. Уменьшается 3. Не изменяется</p>
---	---



	<p>Ответ: 2</p> <p>5. На сколько возрастает электрический КПД нетто паротурбинного энергоблока с введением промежуточного перегрева?</p> <p>1. На 2-4%</p> <p>2. На 8-10%</p> <p>3. На 12-14%</p> <p>Ответ: 1</p>
--	---

**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:** 25

**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:**

<p>Знать: принципы функционирования существующих термодинамических циклов для производства электроэнергии и тепла</p>	<p>1. Определить оптимальную степень повышения давления в компрессоре, обеспечивающую максимальное значение удельной полезной работы ГТУ, если известны следующие параметры:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- внутренний относительный КПД проточной части газовой турбины 88%,</li> <li>- внутренний относительный КПД проточной части компрессора 83%,</li> <li>- температура наружного воздуха 20°C,</li> <li>- температура рабочей среды на входе в турбину 1400°C,</li> <li>- КПД камеры сгорания 99,4%</li> </ul>
---	---

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

**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:** 25

**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"><li>- 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%,</li><li>- КПД транспорта теплоты 99%,</li><li>- внутренний относительный КПД турбины 86%,</li><li>- механический КПД паротурбинной установки 98,5%,</li><li>- КПД электрогенератора 99%,</li><li>- температура и давление острого пара 530°C, 13 МПа,</li><li>- давление в конденсаторе 4 кПа,</li><li>- давление питательной воды 14,6 МПа</li></ul> <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"><li>- начальные параметры рабочей среды 500°C и 10 МПа,</li><li>- давление в конденсаторе 4,5 кПа,</li><li>- давление питательной воды 13,3 МПа</li></ul> <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.</p>
---	--

	<p>Исходные параметры:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- начальные параметры рабочей среды 480°C и 10 МПа,</li> <li>- давление в конденсаторе 5,5 кПа,</li> <li>- давление питательной воды 13,3 МПа</li> </ul>
--	--

**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:** 25

**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: проводить оптимизацию конструктивных параметров и характеристик энергетического оборудования</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рассчитать термический КПД цикла Ренкина с промежуточным перегревом (с учетом затрат энергии на сжатие рабочей среды в питательном насосе) при: <ul style="list-style-type: none"> <li>- начальных параметрах рабочей среды 540°C и 23,5 МПа,</li> <li>- температуре и давлении пара промежуточного перегрева 550°C и 2,4 МПа,</li> <li>- давлении в конденсаторе 5 кПа, давлении питательной воды 28 МПа</li> </ul> </li> <li>2. Определить КПД по отпуску электроэнергии нетто для газотурбинной установки при условии, что: <ul style="list-style-type: none"> <li>- внутренняя мощность газовой турбины равна 60 МВт,</li> <li>- внутренняя мощность компрессора равна 40 МВт,</li> <li>- механический КПД ГТУ 98,5%</li> <li>- КПД электрогенератора 99%,</li> <li>- количество теплоты, подводимое в камеру сгорания с топливом 63,4 МВт,</li> <li>- затраты электроэнергии на собственные нужды ГТУ 0,5 МВт</li> </ul> </li> <li>3. Рассчитать термический КПД цикла Ренкина с промежуточным перегревом (с учетом затрат энергии на сжатие рабочей среды в питательном насосе) при: <ul style="list-style-type: none"> <li>- начальных параметрах рабочей среды 550°C и 23,5 МПа,</li> <li>- температуре и давлении пара промежуточного</li> </ul> </li> </ol>
--	---

	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

**8 семестр**

**КМ-5. КМ-1**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**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. Записать уравнения теплового баланса для двухпоточного теплообменного аппарата 2. Описать алгоритм конструкторского расчета кожухотрубного теплообменного аппарата 3. Описать алгоритм конструкторского расчета пластинчатого теплообменного аппарата
---	--

**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-6. КМ-2

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**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: методы конструкторских расчетов энергетического оборудования	<p>1. Рассчитать массовый расход перегретого пара, поступающего в голову турбины из одноконтурного котла утилизатора, если известны следующие параметры:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- давление атмосферного воздуха 0,1013 МПа,</li><li>- температура выхлопных газов газовой турбины 520°C,</li><li>- массовый расход выхлопных газов 100 кг/с,</li><li>- давление перегретого пара 5 МПа,</li><li>- температура перегретого пара 500°C,</li><li>- гидравлическое сопротивление пароперегревателя 0,2 МПа,</li><li>- давление воды за экономайзером на 5% больше давления в барабане,</li><li>- коэффициент, учитывающий потери в окружающую среду с поверхностей нагрева 0,995,</li><li>- температурный напор на холодном конце испарителя 8°C,</li><li>- недогрев в экономайзере 9°C,</li><li>- массовые доли компонентов продуктов сгорания (N<sub>2</sub> = 75%, O<sub>2</sub> = 13%, H<sub>2</sub>O = 5%, CO<sub>2</sub> = 7%)</li></ul> <p>2. Описать алгоритмы теплового расчета котла-утилизатора</p> <p>3. Изобразить Т, q-диаграмму одноконтурного котла-утилизатора</p>
---	--

**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-7. КМ-3

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**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: осуществлять обоснованный выбор исходных данных для проведения проектно-конструкторских разработок</p>	<p>1. Определить количество ступеней в осевом компрессоре с постоянным диаметром корпуса и высоту лопаток последней ступени, если известно:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- частота вращения компрессора 50 об/с,</li><li>- массовый расход воздуха 150 кг/с,</li><li>- потери давления во входном патрубке компрессора 0,98,</li><li>- температура наружного воздуха 15°C, давление наружного воздуха 1,013 бар,</li><li>- внутренний относительный КПД проточной части компрессора 84%,</li><li>- приведенный расход воздуха первой ступени 0,82,</li><li>- приведенный расход воздуха последней ступени 0,33,</li><li>- термодинамический коэффициент для воздуха <math>\tau_{\text{в}}</math> 0,0404,</li><li>- показатель адиабаты для воздуха 1,4,</li><li>- коэффициент запаса по расходу 0,97,</li><li>- степень повышения давления в компрессоре 28,</li><li>- угол выхода потока из ВНА 75°,</li><li>- относительный диаметр втулки на выходе из компрессора 0,84,</li><li>- средний коэффициент затраченного напора на ступень 0,4</li></ul> <p>2. Определить количество ступеней в осевом компрессоре с постоянным диаметром корпуса и высоту лопаток последней ступени, если известно:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- частота вращения компрессора 50 об/с,</li><li>- массовый расход воздуха 200 кг/с,</li><li>- потери давления во входном патрубке компрессора 0,97,</li><li>- температура наружного воздуха 15°C, давление наружного воздуха 1,013 бар,</li><li>- внутренний относительный КПД проточной части компрессора 83%,</li><li>- приведенный расход воздуха первой ступени 0,81,</li></ul>
--	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- приведенный расход воздуха последней ступени 0,32,</li> <li>- термодинамический коэффициент для воздуха <math>m</math> 0,0404,</li> <li>- показатель адиабаты для воздуха 1,4,</li> <li>- коэффициент запаса по расходу 0,97,</li> <li>- степень повышения давления в компрессоре 28,</li> <li>- угол выхода потока из ВНА <math>75^\circ</math>,</li> <li>- относительный диаметр втулки на выходе из компрессора 0,87,</li> <li>- средний коэффициент затраченного напора на ступень 0,4</li> </ul> <p>3.Описать алгоритм конструкторского расчета паровой турбины</p>
--	---

**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-8. КМ-4**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**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 массовый расход натурального топлива, поступающего в камеру сгорания газовой турбины, если известны следующие параметры:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- давление воздуха на выходе из компрессора ГТУ 2,95 МПа,</li> <li>- температура воздуха на выходе из компрессора ГТУ <math>385^\circ\text{C}</math>,</li> <li>- температура продуктов сгорания на входе в турбину <math>1400^\circ\text{C}</math>,</li> <li>- коэффициент потерь давления в камере сгорания 0,97,</li> <li>- низшая теплота сгорания топлива при нормальных условиях 36 МДж/нм<sup>3</sup>,</li> <li>- плотность топлива при нормальных условиях 0,75 кг/м<sup>3</sup>,</li> <li>- КПД камеры сгорания 99,4%, массовый расход воздуха 400 кг/с,</li> </ul>
---	---



	<p>- массовые доли компонентов продуктов сгорания (N<sub>2</sub> = 73%, O<sub>2</sub> = 8%, H<sub>2</sub>O = 8%, CO<sub>2</sub> = 11%)</p> <p>2.Описать алгоритм конструкторского расчета камеры сгорания</p> <p>3.Изобразить схему движения потоков топлива, окислителя и разбавителя в камере сгорания</p>
--	--

**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

7 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<sub>ПК-2</sub> Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

### Вопросы, задания

1. Классификация ТЭС
2. Термодинамический цикл Ренкина и факторы, определяющие его тепловую экономичность. Основные энергетические показатели конденсационного паротурбинного энергоблока
3. Классификация парогазовых установок и их тепловые схемы

### 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-2ПК-2 Принимает участие в разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

### Вопросы, задания

1. Требования по надежности, ремонтпригодности, маневренности, экономичности и экологической безопасности ТЭС

2. Способы повышения термодинамической эффективности ГТУ

3. Рассчитать внутреннюю мощность компрессора ГТУ, если известны следующие параметры:

- 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

### 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

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-4 Соблюдает правила технологической, производственной и трудовой дисциплины при эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

**Вопросы, задания**

1. Способы повышения термодинамической эффективности конденсационной ПТУ
2. Термодинамический цикл Брайтона и факторы, определяющие его мощность и тепловую экономичность. Основные энергетические показатели газотурбинной установки
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 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

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1. За счет чего происходит увеличение энергоэффективности паротурбинной установки при повышении температуры питательной воды?

Ответы:

1. За счет роста среднеинтегральной температуры подвода теплоты из цикла.
2. За счет уменьшения среднеинтегральной температуры отвода теплоты из цикла.
3. За счет увеличения среднеинтегральной температуры отвода теплоты из цикла

Верный ответ: 1

2. Какова величина электрического КПД нетто современных парогазовых установок

Ответы:

1. 44-54%
2. 55-64%
3. 65-74%

Верный ответ: 2

**4. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-5 Принимает участие в организации технического и материального обеспечения эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

**Вопросы, задания**

1. Теплофикационные паротурбинные установки. Сравнение преимуществ и недостатков отдельного и комбинированного способов производств электроэнергии и тепла. Балансовый (физический) метод разделения затрат топлива на тепло и электроэнергию
2. Определить КПД по отпуску электроэнергии нетто для газотурбинной установки при условии, что:
  - внутренняя мощность газовой турбины равна 60 МВт,
  - 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
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.Использование какого из способов повышения энергоэффективности паротурбинной турбоустановки приводит к снижению массовой доли влаги в паровом потоке на выхлопе цилиндра низкого давления паровой турбины?

Ответы:

1. Увеличение числа регенеративных подогревателей высокого давления.
2. Увеличение числа регенеративных подогревателей низкого давления.
3. Применение промежуточного перегрева
4. Снижение давления в конденсаторе

Верный ответ: 3

2.Как изменяется мощность газотурбинной установки с ростом температуры наружного воздуха?

Ответы:

1. Увеличивается
2. Уменьшается
3. Не изменяется

Верный ответ: 2

## **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

### **8 семестр**

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### **Пример билета**

Билет №1

- 1.Виды компрессоров и особенности их рабочего процесса
2. Требования, предъявляемые к системам охлаждения газовых турбин. Способы охлаждения корпуса, подшипников и ротора газовой турбины

3. Рассчитать массовый расход натурального топлива, поступающего в камеру сгорания газовой турбины, если известны следующие параметры:
- 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/м<sup>3</sup>,
  - плотность топлива при нормальных условиях 0,75 кг/м<sup>3</sup>,
  - КПД камеры сгорания 99,4%, массовый расход воздуха 400 кг/с,
  - массовые доли компонентов продуктов сгорания (N<sub>2</sub> = 73%, O<sub>2</sub> = 8%, H<sub>2</sub>O = 8%, CO<sub>2</sub> = 11%)

## **Процедура проведения**

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

### ***I. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины***

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-4</sub> Соблюдает правила технологической, производственной и трудовой дисциплины при эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

#### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. К чему приводит впрыск воды на входе в компрессор газотурбинной установки?

Ответы:

- 1) Снижению затрат энергии на сжатие рабочей среды
- 2) Увеличению затрат энергии на сжатие рабочей среды
- 3) Расширению регулировочного диапазона компрессора

Верный ответ: 1

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-5</sub> Принимает участие в организации технического и материального обеспечения эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

#### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Как изменяется оптимальный теплоперепад в турбине с ростом частоты вращения?

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