

**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: Тепловые электрические станции**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Газотурбинные и парогазовые технологии на ТЭС**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дудолин А.А.
	Идентификатор	Rb94958b9-DudolinAA-83802984

А.А. Дудолин

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тараторин А.А.
	Идентификатор	Ra801db72-TaratorinAA-0945af7f

А.А.  
Тараторин

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дудолин А.А.
	Идентификатор	Rb94958b9-DudolinAA-83802984

А.А. Дудолин

## 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 участвовать в производственно-технологической деятельности в сфере теплоэнергетики и теплотехники

ИД-4 Принимает обоснованные технические решения при разработке схем и/или конструкций элементов объектов профессиональной деятельности

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Тест № 1 (Тестирование)
2. Тест №2 (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа (Контрольная работа)
2. Расчетное задание 1 (Домашнее задание)
3. Расчетное задание 2 (Домашнее задание)
4. Расчетное задание 3 (Домашнее задание)

## БРС дисциплины

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	2	6	8	10	12	14
Введение. Простейшие тепловые схемы различных типов ПГУ							
Роль и место ГТУ и ПГУ в российской энергетике Простейшие тепловые схемы различных типов ПГУ	+	+	+				
Основные элементы энергетических ГТУ (компрессор, камера сгорания, газовая турбина)							
Особенности устройства компрессоров ГТУ	+	+	+				
Камеры сгорания энергетических ГТУ. Типы, конструктивные особенности. Характеристики камер сгорания.	+	+	+				
Конструктивные особенности газовых турбин. Основные характеристики.	+	+	+				
Эксплуатация газотурбинных ТЭС							

Блочные системы энергетических ГТУ	+	+	+			
Переменные режимы работы ГТУ.	+	+	+			
Пуско-остановочные режимы и нагружение энергетических ГТУ	+	+	+			
Эксплуатация и техническое обслуживание энергетических ГТУ	+	+	+			
Тепловые схемы ГТУ ТЭЦ						
Отопительные, промышленные и промышленно-отопительные ГТУ ТЭЦ	+	+	+			
Котлы утилизаторы для ГТУ-ТЭЦ	+	+	+			
Схемы ГТУ-ТЭЦ с дожиганием топлива	+	+	+			
Парогазовые ТЭС						
Парогазовые ТЭС, классификация и принцип работы	+	+	+			
Расчет парогазовых ТЭС утилизационного типа				+	+	+
Показатели тепловой экономичности ПГУ ТЭС.				+	+	+
Особенности основного оборудования ПГУ						
Котлы-утилизаторы ПГУ	+	+	+			
Паротурбинные установки ПГУ	+	+	+			
Дожимные компрессоры ГТУ и ПГУ	+	+	+			
Парогазовые ТЭЦ						
Типы парогазовых ТЭЦ	+	+	+			
Схемы отпуска тепловой нагрузки	+	+	+			
Тепловые схемы ПГУ для реконструкций ПСУ блоков.						
Типы парогазовых блоков для реконструкции паросиловых электростанций	+	+	+			
Методика расчета реконструируемых блоков.	+	+	+	+	+	+
Вес КМ:	10	10	10	10	10	50

\$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-4ПК-1 Принимает обоснованные технические решения при разработке схем и/или конструкций элементов объектов профессиональной деятельности	Знать: •типы и маркировки газотурбинных, паровых и парогазовых энергетических турбин, их компоновки для современных энергоблоках ГТУ и ПГУ ТЭС, основную терминологию направления и профиля, источники научно-технической информации по типам, конструкциям, условиям применения и эксплуатации ГТУ и ПГУ ТЭС; •методики теплового и конструкторского расчета тепловой схемы ГТУ и ПГУ ТЭС, конструкции их основных элементов, основы проектирования газовых и паровых турбин, котлов-утилизаторов и способы решения задач	Тест № 1 (Тестирование) Расчетное задание 1 (Домашнее задание) Расчетное задание 2 (Домашнее задание) Расчетное задание 3 (Домашнее задание) Тест №2 (Тестирование) Контрольная работа (Контрольная работа)

		<p>обеспечения их экономичности и надёжности; •основы переменных режимов при эксплуатации ГТУ и ПГУ ТЭС, диаграммы режимов для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии; •основные типы, габаритные размеры и собственные компоновки современных энергетических агрегатов, тепловые схемы электростанций для различных видов топлива, преимущества и недостатки различных вариантов компоновочных решений главного корпуса по обеспечению экономичности основного оборудования ГТУ и ПГУ ТЭС, особенности эксплуатации газотурбинных установок и их режимные характеристики; основы пуска и останова турбоагрегатов ГТУ и ПГУ ТЭС, структуру неисправностей в</p>	
--	--	---	--

		<p>энергетических турбинах и способы их устранения</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• определять параметры тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС и основных элементов оборудования используя расчетные методики и справочную литературу;</li><li>• обосновывать выбор рационального варианта тепловой схемы;</li><li>• рассчитывать технико-экономические показатели тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС</li></ul>	
--	--	---	--

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

### КМ-1. Тест № 1

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студентам предлагается ответить на тест из 5 вопросов

#### Краткое содержание задания:

Тест «Основные характеристики ГТУ»

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: •типы и маркировки газотурбинных, паровых и парогазовых энергетических турбин, их компоновки для современных энергоблоков ГТУ и ПГУ ТЭС, основную терминологию направления и профиля, источники научно-технической информации по типам, конструкциям, условиям применения и эксплуатации ГТУ и ПГУ ТЭС; •методики теплового и конструкторского расчета тепловой схемы ГТУ и ПГУ ТЭС, конструкции их основных элементов, основы проектирования газовых и паровых турбин, котлов-утилизаторов и способы решения задач обеспечения их экономичности и надёжности; •основы переменных режимов при эксплуатации ГТУ и ПГУ ТЭС, диаграммы режимов для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии; •основные типы, габаритные размеры и собственные компоновки современных энергетических агрегатов, тепловые схемы электростанций для различных видов топлива, преимущества и недостатки различных вариантов компоновочных решений главного корпуса по</p>	<p>1.1.Что оказывает наибольшее влияние на экономичность ГТУ? 2.2. Почему в процессе работы изменяется температура выходных газов за газовой турбиной ГТУ. 3.3. Какой режим работы осевого компрессора называют расчетным? 4.4. Как впрыск пара в компрессор влияет на экономичность ГТУ? 5.5.Каким камерам сгорания отдают наибольшее предпочтение при проектировании ГТУ?</p>
--	---

<p>обеспечению экономичности основного оборудования ГТУ и ПГУ ТЭС, особенности эксплуатации газотурбинных установок и их режимные характеристики; основы пуска и останова турбоагрегатов ГТУ и ПГУ ТЭС, структуру неисправностей в энергетических турбинах и способы их устранения</p>	
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания:* Продвинутый уровень. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Базовый уровень. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Пороговый уровень. Основная часть задания и вопросов выполнены верно. Студент разбирается в основных процессах.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или ответы на вопросы даны преимущественно неправильно

**КМ-2. Расчетное задание 1**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студентам предлагается выполнить индивидуальное расчетное задание по вариантам

**Краткое содержание задания:**

Задание 1 – «Определение основных параметров рабочего тела в ОК»

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: •типы и маркировки газотурбинных, паровых и парогазовых энергетических турбин, их компоновки для современных энергоблоках ГТУ и ПГУ ТЭС, основную терминологию направления и профиля, источники научно-технической информации по типам, конструкциям, условиям</p>	<p>1.1.Изложите и объясните последовательность элементов расчета тепловой схемы энергетической ГТУ. 2.2.Объяснить особенности термодинамического цикла Брайтона энергетической ГТУ, привести ее простейшую схему 3.3.От каких показателей зависит повышение абсолютного внутреннего КПД энергетической ГТУ 4.4.Причины возникновения помпажа в осевом компрессоре и меры его предотвращения.</p>
--	--

<p>применения и эксплуатации ГТУ и ПГУ ТЭС; •методики теплового и конструкторского расчета тепловой схемы ГТУ и ПГУ ТЭС, конструкции их основных элементов, основы проектирования газовых и паровых турбин, котлов-утилизаторов и способы решения задач обеспечения их экономичности и надёжности; •основы переменных режимов при эксплуатации ГТУ и ПГУ ТЭС, диаграммы режимов для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии; •основные типы, габаритные размеры и собственные компоновки современных энергетических агрегатов, тепловые схемы электростанций для различных видов топлива, преимущества и недостатки различных вариантов компоновочных решений главного корпуса по обеспечению экономичности основного оборудования ГТУ и ПГУ ТЭС, особенности эксплуатации газотурбинных установок и их режимные характеристики; основы пуска и останова турбоагрегатов ГТУ и ПГУ ТЭС, структуру неисправностей в энергетических турбинах и способы их устранения</p>	<p>5.5.Объяснить назначение основных элементов конструкции осевого компрессора. 6.6.Какие функции выполняет диффузор за газовой турбиной?</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Полностью определены основные параметры рабочего тела в ОК*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Определены основные параметры рабочего тела в ОК с небольшими неточностями, либо не полностью показан алгоритм решения*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Определены основные параметры рабочего тела в ОК с не критическими ошибками, либо не показан алгоритм решения*

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Студент не смог определить основные параметры рабочего тела в ОК

### КМ-3. Расчетное задание 2

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студентам предлагается выполнить индивидуальное расчетное задание по вариантам

#### Краткое содержание задания:

Составление принципиальной тепловой схемы двухконтурной ПГУ-ТЭЦ с ГВТО и конденсационной паровой турбиной. Тепловой расчет котла-утилизатора и построение Q-T диаграммы

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: •типы и маркировки газотурбинных, паровых и парогазовых энергетических турбин, их компоновки для современных энергоблоков ГТУ и ПГУ ТЭС, основную терминологию направления и профиля, источники научно-технической информации по типам, конструкциям, условиям применения и эксплуатации ГТУ и ПГУ ТЭС; •методики теплового и конструкторского расчета тепловой схемы ГТУ и ПГУ ТЭС, конструкции их основных элементов, основы проектирования газовых и паровых турбин, котлов-утилизаторов и способы решения задач обеспечения их экономичности и надёжности; •основы переменных режимов при эксплуатации ГТУ и ПГУ ТЭС, диаграммы режимов для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии; •основные типы, габаритные размеры и собственные компоновки современных энергетических агрегатов, тепловые схемы электростанций для различных видов топлива, преимущества и недостатки различных вариантов

1. Для двухконтурной схемы ПГУ-ТЭЦ с ГВТО и конденсационной паровой турбиной:
  - 1) Изобразить принципиальную тепловую схему с условными обозначениями
  - 2) Выполнить расчет тепловых балансов элементов КУ с составлением Q,T – диаграмму. Совместить эти расчеты с тепловым и материальным балансами деаэратора.

компоновочных решений главного корпуса по обеспечению экономичности основного оборудовании ГТУ и ПГУ ТЭС, особенности эксплуатации газотурбинных установок и их режимные характеристики; основы пуска и останова турбоагрегатов ГТУ и ПГУ ТЭС, структуру неисправностей в энергетических турбинах и способы их устранения	
---	--

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент верно разработал тепловую схему ПГУ. Полностью корректно выполнил тепловой расчет тепловой схемы ПГУ и правильно построил Q-T диаграмму.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент верно разработал тепловую схему ПГУ. Выполнил тепловой расчет тепловой схемы ПГУ с небольшими неточностями и в общем правильно построил Q-T диаграмму.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент в основном верно разработал тепловую схему ПГУ. Выполнил тепловой расчет тепловой схемы ПГУ с не критическими ошибками и в общем правильно построил Q-T диаграмму.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент не смог разработать тепловую схему ПГУ и/или выполнил тепловой расчет тепловой схемы ПГУ с критическими ошибками и не смог правильно построить Q-T диаграмму.

#### **КМ-4. Расчетное задание 3**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студентам предлагается выполнить индивидуальное расчетное задание по вариантам

#### **Краткое содержание задания:**

Составить принципиальную тепловую схему паротурбинной установки, составить энергетическое уравнение паротурбинной установки и определить ее электрическую мощность. Построить процесс расширения пара в ПТ в h,s-диаграмме. Определить показатели тепловой экономичности ПГУ ТЭЦ.

Для двухконтурной схемы ПГУ-ТЭЦ с ГВТО и конденсационной паровой турбиной:

1) Составить принципиальную тепловую схему паротурбинной установки, составить энергетическое уравнение паротурбинной установки и определить ее электрическую

мощность

2) построить процесс расширения пара в ПТ в  $h,s$ -диаграмме.

3) Определить показатели тепловой экономичности ПГУ ТЭЦ.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: • определять параметры тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС и основных элементов оборудования используя расчетные методики и справочную литературу; • обосновывать выбор рационального варианта тепловой схемы; • рассчитывать технико-экономические показатели тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС	1.1. Построение процесса расширения пара в ПГУ 2х давлений 2. Объяснить чем обосновывается наличие сепаратора пара в ПТУ. Построение процесса в $h-s$ координатах с сепарацией. 3. Чем отличается методика расчета внутреннего относительного КПД ЧВД и ЧНД. 4. Потери с выходной скоростью, их влияние на экономичность. 5. Покоржите влияние конечного давления на экономичность блока ПТУ.
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент полностью корректно составил принципиальную тепловую схему паротурбинной установки, составил энергетическое уравнение паротурбинной установки и определил ее электрическую мощность, построил процесс расширения пара в ПТ в  $h,s$ -диаграмме и определил показатели тепловой экономичности ПГУ ТЭЦ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент с небольшими неточностями составил принципиальную тепловую схему паротурбинной установки, составил энергетическое уравнение паротурбинной установки и определил ее электрическую мощность, построил процесс расширения пара в ПТ в  $h,s$ -диаграмме и определил показатели тепловой экономичности ПГУ ТЭЦ.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент с ошибками составил принципиальную тепловую схему паротурбинной установки, составил энергетическое уравнение паротурбинной установки и определил ее электрическую мощность, построил процесс расширения пара в ПТ в  $h,s$ -диаграмме и определил показатели тепловой экономичности ПГУ ТЭЦ.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент не смог составить принципиальную тепловую схему паротурбинной установки, составить энергетическое уравнение паротурбинной установки и определить ее электрическую мощность, построить процесс расширения пара в ПТ в  $h,s$ -диаграмме и определить показатели тепловой экономичности ПГУ ТЭЦ.

**КМ-5. Тест №2**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 10**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студентам предлагается ответить на тест из 6 вопросов

**Краткое содержание задания:**

Тест 2 «Основные системы ПГУ»

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: • определять параметры тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС и основных элементов оборудования используя расчетные методики и справочную литературу; • обосновывать выбор рационального варианта тепловой схемы; • рассчитывать технико-экономические показатели тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС</p>	<p>1.2. Принцип работы ГТУ-ТЭЦ, состав и назначение оборудования.          2.4. Основные достоинства ПГУ КЭС утилизационного типа. КПД по производству электроэнергии.          3.          1. Технические ограничения при разработке ГТУ-ТЭЦ, обусловленные свойствами ГТУ и требованиями потребителя.          4.          1. Способы регулирования тепловых нагрузок на ГТУ-ТЭС.          5.          1. Как используется диаграмма теплообмена «Q – T» при тепловом расчете котла-утилизатора?          6.          1. Перечислите способы регулирования отпуска теплоты на газотурбинной ТЭЦ.          7.          1. Почему расход электроэнергии на собственные нужды влияет на выбор начального давления пара в котле-утилизаторе?          8.          1. Как влияет использование дожигания топлива на расход электроэнергии на собственные нужды установки?</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания:* Продвинутый уровень. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Базовый уровень. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Пороговый уровень. Основная часть задания и вопросов выполнены верно. Студент разбирается в основных процессах.

*Оценка: 2*

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или ответы на вопросы даны преимущественно неправильно. Не верных 4 ответа.

### КМ-6. Контрольная работа

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 50

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается билет с контрольной работой. Время выполнения 1ч30мин.

**Краткое содержание задания:**

Задание	Балл	
	Max	Факт
1) Многовальные ГТУ, устройство, принцип работы, основные преимущества	10	
2) Зависимость характеристик ГТУ от внешних факторов. Привести цикл Брайтона для двух температур наружного воздуха.	10	
3) Классификация ГТУ, основные схемы. Преимущества и недостатки ГТУ открытого цикла в сравнении с паросиловыми установками	10	
4) Определить электрическую мощность ГТУ для следующих условий: $T_{НВ}=+5$ оС; $G_{КТ}=100$ кг/с; $T_{НТ}=1200$ оС; $T_{КТ}=600$ оС; $T_{КК}=350$ оС; $ВТ=2,2$ кг/с. Необходимые дополнительные величины – принять. Использовать таблицы теплофизических свойств воздуха и продуктов сгорания ( $b_{г}=1,20$ ; $m_{г}=28,0$ ).	10	
5) Расчетная задача (мощность ПТУ с расчетом расхода пара на Д) Рассчитать электрическую мощность ПТУ и расход пара на деаэратор в тепловой схеме ПГУ с одноконтурным котлом-утилизатором, предусмотреть установку ГПК. Нарисовать тепловую схему. Расход перегретого пара 75 кг/с, давление перегретого пара 6,5 МПа, температура перегретого пара 450 °С, КПД ПТУ 0,86, давление в конденсаторе – 6 кПа, давление в деаэраторе – 0,12 МПа.	20	
6) Определить значения тепловой нагрузки экономайзера КУ для следующих условий: $D_{пе}=25$ кг/с; $P_6=7$ МПа; $P_d=0,6$ МПа, расчеты произвести для двух значений недогрева $Q_{ВЫХЭК} = 15,8$ и $8,8$ оС. Привести схему узла КУ (ПЕ+И+ЭК) и Q,T-диаграмму. Необходимые дополнительные величины –принять.	20	
7) Определить максимальную тепловую нагрузку ГВТО и расход сетевой воды, если известны следующие величины: $G_{кт}=50$ кг/с; $T_{КТ}=600$ оС; температура прямой сетевой воды $T_{пр}=105$ оС; температура обратной сетевой воды $T_{об}=80$ оС, охлаждение газов в КУ до 90 °С. Необходимые дополнительные величины – принять. Использовать таблицы теплофизических свойств воздуха и продуктов сгорания ( $b_{г}=1,20$ ; $m_{г}=28,0$ ).	20	
<b>ИТОГО</b>	<b>100</b>	

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: • определять параметры тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС и основных элементов оборудования используя расчетные методики и справочную литературу; •обосновывать выбор рационального варианта тепловой схемы; • рассчитывать</p>	<p>1.1. Объяснить назначение основных элементов конструкции осевого компрессора. Определение явления помпажа. Причины возникновения помпажа в осевом компрессоре и меры его предотвращения. 2. Выбор температурного напора на горячем и холодном конце пароперегревателя котла-утилизатора? Привести цикл Брайтона-Ренкина, тепловую диаграмму Q-t котла-утилизатора и обозначить на них температурный напор на горячем</p>
--	---

<p>технико-экономические показатели тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭС</p>	<p>конце пароперегревателя.  3. Влияние начальных параметров пара на входе в ПТУ на экономичность парогазовых блоков. Качественно привести процесс расширения пара в h-s диаграмме.  4. Паровые турбины ПГУ с двухконтурным КУ, особенности конструкции. Расчет мощности паровой турбины в составе ПГУ. Построение процесса расширения пара в турбине в h-s диаграмме. Показать, как влияет влажность пара.  5. От каких показателей зависит повышение абсолютного внутреннего КПД энергетической ГТУ? Привести формулу внутренней мощности ГТУ.</p>
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания:* Продвинутый уровень. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Базовый уровень. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 55*

*Описание характеристики выполнения знания:* Пороговый уровень. Основная часть задания и вопросов выполнены верно. Студент разбирается в основных процессах.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или ответы на вопросы даны преимущественно неправильно

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

Задание	Балл	
	Max	Факт
1) Определение явления помпажа. Причины возникновения помпажа в осевом компрессоре и меры его предотвращения.	10	
2) Изменение начальных параметров газов ГТУ под действием внешних факторов. Привести пример графика влияния температуры наружного воздуха на характеристики энергетической ГТУ	10	
3) Основные характеристики ГТУ открытого типа: работа ГТ, ОК и ГТУ, график зависимости работы ГТУ от степени повышения давления	10	
4) Для газотурбинной установки открытого цикла ( $\eta_{гт}=0,9$ , $\eta_{к}=0,85$ ) определить значения термического КПД $\eta_t$ и коэффициента полезной работы $j$ при температуре газа перед газовой турбиной $t_{01} = 1200$ °С, воздуха перед компрессором $t_{0к} = 15$ °С и степени повышения давления $\pi_k = 35$	10	
5) Рассчитать электрическую мощность ПТУ и расход пара на деаэрактор в тепловой схеме ПГУ с одноконтурным котлом-утилизатором, предусмотреть установку ГПК. Нарисовать тепловую схему. Расход перегретого пара 50 кг/с, давление перегретого пара 7,5 МПа, температура перегретого пара 550 °С, КПД ПТУ 0,86, давление в конденсаторе – 10 кПа, давление в деаэракторе – 0,12 МПа.	20	
6) Определить значения тепловой нагрузки пароперегревателя КУ для следующих условий: $D_{пе}=75$ кг/с; $P_б=7$ МПа; $T_{КТ}=550$ оС, расчеты произвести для двух значений температурного напора на горячем конце пароперегревателя: $Q_{пе} = 20$ и 40 оС. Привести схему узла КУ (ПЕ+И) и Q, T-диаграмму. Необходимые дополнительные величины –принять.	20	
7) Определить максимальную тепловую нагрузку ГВТО и расход сетевой воды, если известны следующие величины: $G_{кт}=120$ кг/с; $T_{КТ}=516$ оС; температура прямой сетевой воды $T_{пр}=120$ оС; температура обратной сетевой воды $T_{об}=55$ оС, охлаждение газов в КУ до 80 °С. Необходимые дополнительные величины – принять. Использовать таблицы теплофизических свойств воздуха и продуктов сгорания ( $\nu_{г}=1,20$ ; $m_{г}=28,0$ ).	20	
<b>ИТОГО</b>	<b>100</b>	

## Процедура проведения

Зачет проходит в письменной форме. Студенту выдается случайный билет содержащий 7 вопросов по всей дисциплине. Время выполнения работы составляет 2 академических часа. Студенты сдают готовые ответы на билет на проверку. Оценки выставляются в баллах. Оценки в 5-балльной шкале. Оценки за задание: 5 90, 95, 100 4 80, 85,75 3 65, 70, 60

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-4ПК-1 Принимает обоснованные технические решения при разработке схем и/или конструкций элементов объектов профессиональной деятельности

### **Вопросы, задания**

- 1.1. Изменение начальных параметров газов ГТУ под действием внешних факторов. Привести пример графика влияния температуры наружного воздуха на характеристики энергетической ГТУ.
2. Определение явления помпажа. Причины возникновения помпажа в осевом компрессоре и меры его предотвращения.
3. Основные характеристики ГТУ открытого типа: работа ГТ, ОК и ГТУ, график зависимости работы ГТУ от степени повышения давления
4. Принцип работы отопительной ГТУ-ТЭЦ, способы регулирования тепловых нагрузок на ГТУ-ТЭЦ, состав и назначение оборудования.
5. Осевой компрессор ГТУ. Назначение основных элементов конструкции осевого компрессора.
6. Основные характеристики ГТУ открытого типа: степень повышения давления, термический КПД ГТУ открытого цикла, термический коэффициент цикла Брайтона
7. Тепловая схема ГТУ-ТЭЦ. Технические ограничения при разработке ГТУ-ТЭЦ, обусловленные свойствами ГТУ и требованиями потребителя.
8. Основные типы камер сгорания энергетических ГТУ. Основные характеристики КС ГТУ.
9. Цикл Брайтона-Ренкина для парогазовой установки с КУ. Поясните процессы в элементах данной ПГУ и отметьте характерные температурные напоры и недогревы.
10. Многовальные ГТУ, устройство, принцип работы, основные преимущества
11. Зависимость характеристик ГТУ от внешних факторов. Привести цикл Брайтона для двух температур наружного воздуха.
12. Классификация ГТУ, основные схемы. Преимущества и недостатки ГТУ открытого цикла в сравнении с паросиловыми установками
13. Принцип работы промышленной ГТУ-ТЭЦ, способы регулирования тепловых нагрузок на ГТУ-ТЭЦ, состав и назначение оборудования.
14. Факторы влияющие на планирование технического обслуживания ГТУ.
15. Изобразить, как изменится цикл Брайтона при снижении температуры наружного воздуха. Поясните по точкам, что и в каких элементах ГТУ происходит. Как при этом изменяется мощность газотурбинной установки, температура газов на выходе из турбины.
16. Способы регулирования электрической и тепловой нагрузки ГТУ.
17. Охлаждение элементов конструкции ГТУ. Основные типы и способы охлаждения лопаточного аппарата.
18. Изобразить, как изменится цикл Брайтона при повышении температуры наружного воздуха. Поясните по точкам, что и в каких элементах ГТУ происходит. Как при этом изменяется мощность газотурбинной установки, температура газов на выходе из турбины.
19. Типы котлов-утилизаторов. Приведите пример расположения поверхностей нагрева в котле-утилизаторе.
20. Изобразите принципиальную тепловую схему ПГУ с КУ одного давления. Опишите принцип работы тепловой схемы.
21. Основные компоновочные решения для газотурбинных и парогазовых блоков.
22. Схемы ПГУ применяемые при реконструкции паросиловых электростанций.
23. Особенности устройства паровых турбин ПГУ

24. Назначения дожимных компрессоров. Типы и принцип выбора. Расчет мощности ДК.  
 25. Схемы ГТУ и ПГУ с дожиганием топлива. Составьте уравнение теплового баланса камеры дожигания.

### Материалы для проверки остаточных знаний

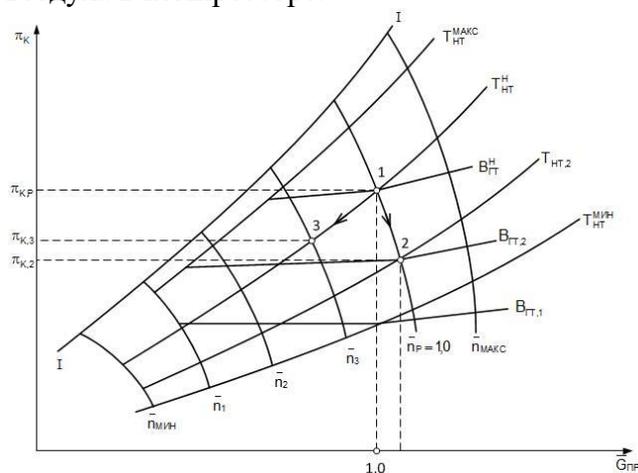
1.1. Требуется ли установка дожимного компрессора топливного газа при подаче топлива в ГТУ?

Ответы:

- А. Нет, не требуется.  
 Б. Всегда устанавливается.  
 В. Зависит от давления газа поступающего в ГТУ.

Верный ответ: В. Зависит от давления газа поступающего в ГТУ.

2.1. Какая точка на диаграмме соответствует воздействию на топливные клапаны с возрастанием расхода рабочего тела и уменьшением степени повышения давления воздуха в компрессоре.



Ответы:

- А. Точка «3».  
 В. Точка «1».  
 С. Точка «2».

Верный ответ: С. Точка «2».

3. Использование ВНА соответствует:

Ответы:

- А. Качественному регулированию  
 В. Качественно - количественному регулированию  
 С. Количественному регулированию

Верный ответ: С. Количественному регулированию

4. Выберите из перечисленного верные виды дожигания топлива перед КУ

Ответы:

- А. Эксергетическое  
 В. Тепловое  
 С. Параметрическое  
 Д. Экономически обоснованное  
 Е. Энергетическое  
 Ф. Теоретическое

Верный ответ: С. Параметрическое Е. Энергетическое

5. Использование какого цикла позволяет достигать электрического КПД свыше 60%

Ответы:

- А. Брайтона-Миллера

- В. Ренкина-Отто
- С. Брайтона-Ренкина.
- Д. Дизеля

Верный ответ: С. Брайтона-Ренкина.

## ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Продвинутый уровень. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Базовый уровень. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Пороговый уровень. Основная часть задания и вопросов выполнены верно. Студент разбирается в основных процессах.*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или ответы на вопросы даны 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 семестровой и аттестационной составляющих.