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

Направление подготовки/специальность: 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Оценочные материалы
по дисциплине
Газотурбинные и паротурбинные установки

Москва
2024

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Митрохова О.М. Идентификатор: R1d0f453c-FichoriakOM-ee811867	О.М. Митрохова

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Митрохова О.М. Идентификатор: R1d0f453c-FichoriakOM-ee811867	О.М. Митрохова
Заведующий выпускающей кафедрой	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Грибин В.Г. Идентификатор: R44612ca0-GribinVG-8231e2ff	В.Г. Грибин

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. РПК-2 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения

ИД-1 Демонстрирует знание закономерностей процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности

ИД-2 Демонстрирует знание конструкции и принципа работы объектов профессиональной деятельности

ИД-3 Выполняет комплекс расчетов элементов объектов профессиональной деятельности

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Защита задания

1. Выполнение п.6 и защита типового расчета «Расчет тепловой схемы энергетической ГТУ» (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Тест «Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии» (Тестирование)
2. Тест «Особенности паросиловых установок АЭС» (Тестирование)
3. Тест «Тепловые циклы и схемы паротурбинных установок» (Тестирование)
4. Тест «Энергетика и электрогенерирующие станции» (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Выполнение пп.2-5 типового расчета «Расчет тепловой схемы энергетической ГТУ» (Расчетно-графическая работа)
2. Контрольная работа «Влияние параметров пара на основные показатели цикла ПТУ. Основные экономические показатели паротурбинной установки» (Контрольная работа)
3. Контрольная работа «Расчет тепловой схемы и технико-экономических показателей паросиловой установки» (Контрольная работа)
4. Контрольная работа «Расчет термодинамических процессов в элементах ГТУ с учетом теплофизических свойств рабочих сред» (Контрольная работа)
5. Контрольная работа «Расчет технико-экономических показателей газотурбинной установки» (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Выполнение п.1 типового расчета «Расчет тепловой схемы энергетической ГТУ» (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Коллоквиум «Конструкция элементов ГТУ» (Коллоквиум)
2. Коллоквиум «Тепловая схема реальной ПТУ. Устройство паровой турбины» (Коллоквиум)

БРС дисциплины

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
	Срок КМ:	4	7	8	10	12	14	15
Введение в курс							
Введение в курс	+						
ГТУ простой тепловой схемы							
ГТУ простой тепловой схемы		+			+	+	+
Основные технико-экономические показатели ГТУ							
Основные технико-экономические показатели ГТУ			+	+	+		+
Высокотемпературные энергетические ГТУ. Основные узлы и устройство ГТУ							
Высокотемпературные энергетические ГТУ. Основные узлы и устройство ГТУ						+	+
Пути повышения экономических показателей ГТУ							
Пути повышения экономических показателей ГТУ							+
Вес КМ:	5	15	15	20	10	15	20

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	4	8	11	12	13	14
Тепловые схемы и циклы паросиловых установок							
Тепловые схемы и циклы паросиловых установок	+	+				+	+
Комбинированная выработка электроэнергии и тепла							
Комбинированная выработка электроэнергии и тепла			+			+	+
Особенности паросиловых установок АЭС							
Особенности паросиловых установок АЭС				+	+	+	
Основные узлы и устройство паровых турбин. Основные типы паровых турбин							
Основные узлы и устройство паровых турбин. Основные типы паровых турбин	+						+
Вес КМ:	10	20	10	10	30	20	

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %
	Индекс КМ:
	Срок КМ:
Вес КМ:	

$Общая часть/Для промежуточной аттестации$

БРС курсовой работы/проекта

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	4	6	8	12	14	16
Ознакомление с заданием на проект и методическими указаниями. Ознакомление с прототипом		+					
Оформление описания теплоэнергетической установки. Выполнение чертежа принципиальной тепловой схемы теплоэнергетической установки			+				
Обоснование выбираемых параметров в опорных точках принципиальной тепловой схемы				+			
Подробные расчеты каждого из типовых элементов принципиальной тепловой схемы					+		
Определение основных экономических характеристик теплоэнергетической установки						+	
Оформление расчетно-пояснительной записки и графического материала							+
Вес КМ:		5	20	10	30	20	15

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
РПК-2	ИД-1$_{РПК-2}$ Демонстрирует знание закономерностей процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности	Знать: основные типы энергетических установок и их место в энергетике теоретические основы термодинамических процессов, происходящих в элементах паросиловых установок теоретические основы рабочих процессов, происходящих в элементах газотурбинной установки Уметь: рассчитывать тепловые процессы в элементах паротурбинных установок рассчитывать тепловые процессы в элементах газотурбинных установок с учетом теплофизических свойств рабочих сред	Тест «Энергетика и электрогенерирующие станции» (Тестирование) Контрольная работа «Расчет термодинамических процессов в элементах ГТУ с учетом теплофизических свойств рабочих сред» (Контрольная работа) Выполнение п.6 и защита типового расчета «Расчет тепловой схемы энергетической ГТУ» (Расчетно-графическая работа) Тест «Тепловые циклы и схемы паротурбинных установок» (Тестирование) Контрольная работа «Влияние параметров пара на основные показатели цикла ПТУ. Основные экономические показатели паротурбинной установки» (Контрольная работа)
РПК-2	ИД-2$_{РПК-2}$ Демонстрирует знание конструкции и принципа работы объектов	Знать: конструкцию основных элементов газотурбинных	Коллоквиум «Конструкция элементов ГТУ» (Коллоквиум) Выполнение п.6 и защита типового расчета «Расчет тепловой схемы энергетической ГТУ» (Расчетно-графическая работа)

	профессиональной деятельности	установок устройство, схемы и принципы работы паросиловых установок устройство, схемы и принципы работы газотурбинных установок основные принципы комбинированной выработки тепловой и электрической энергии особенности паросиловых установок АЭС типы паровых турбин и конструкцию их основных узлов Уметь: объяснять физические принципы работы элементов газотурбинных установок и их конструкцию объяснять физические принципы работы паротурбинных установок и конструкцию основных узлов паровых турбин	Тест «Тепловые циклы и схемы паротурбинных установок» (Тестирование) Тест «Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии» (Тестирование) Тест «Особенности паросиловых установок АЭС» (Тестирование) Коллоквиум «Тепловая схема реальной ПТУ. Устройство паровой турбины» (Коллоквиум)
РПК-2	ИД-З$_{РПК-2}$ Выполняет комплекс расчетов элементов объектов профессиональной деятельности	Знать: пути повышения экономических показателей газотурбинных установок основы проектирования и	Выполнение п.1 типового расчета «Расчет тепловой схемы энергетической ГТУ» (Расчетно-графическая работа) Контрольная работа «Расчет технико-экономических показателей газотурбинной установки» (Контрольная работа) Выполнение пп.2-5 типового расчета «Расчет тепловой схемы энергетической ГТУ» (Расчетно-графическая работа)

		методику конструкторского расчета тепловой схемы энергетической газотурбинной установки основные способы повышения экономических показателей паротурбинных установок методики конструкторского расчета принципиальной тепловой схемы и основные принципы выбора технических параметров оборудования паротурбинных установок влияние различных факторов на технико-экономические показатели энергетической газотурбинной установки влияние основных параметров на технико-экономические показатели паротурбинных установок Уметь: рассчитывать технико-экономические показатели паротурбинных установок рассчитывать тепловую схему энергетической газотурбинной установки	Выполнение п.6 и защита типового расчета «Расчет тепловой схемы энергетической ГТУ» (Расчетно-графическая работа) Контрольная работа «Влияние параметров пара на основные показатели цикла ПТУ. Основные экономические показатели паротурбинной установки» (Контрольная работа) Контрольная работа «Расчет тепловой схемы и технико-экономических показателей паросиловой установки» (Контрольная работа) Коллоквиум «Тепловая схема реальной ПТУ. Устройство паровой турбины» (Коллоквиум)

		рассчитывать принципиальные тепловые схемы паротурбинных установок осуществлять выбор степени сжатия компрессора энергетической ГТУ простой тепловой схемы в зависимости от ее назначения (пикового, полупикового или базового) определять технико-экономические показатели газотурбинных установок анализировать влияние различных факторов на технико-экономические показатели энергетической газотурбинной установки анализировать влияние основных параметров на технико-экономические показатели паротурбинных установок	

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

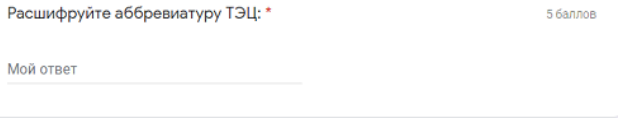
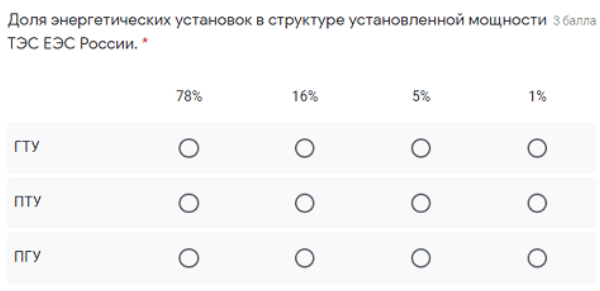
5 семестр

КМ-1. Тест «Энергетика и электрогенерирующие станции»

Формы реализации: Компьютерное задание
Тип контрольного мероприятия: Тестирование
Вес контрольного мероприятия в БРС: 5
Процедура проведения контрольного мероприятия: Время выполнения - не более 20 минут.

Краткое содержание задания:
Тест состоит из 17 вопросов.
Максимальное количество баллов за все правильно выполненные тестовые задания - 100.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные типы энергетических установок и их место в энергетике	1. 2.  3. 

4. Электрические станции, работающее на возобновляемых источниках энергии: * 10 баллов

- [ ] КЭС
- [ ] ТЭЦ
- [ ] ВЭС
- [ ] СЭС
- [ ] ГеоТЭС
- [ ] ГЭС
- [ ] ТЭС
- [ ] приливная ЭС

5. Частота электрического тока в энергосистеме России составляет ... Гц. * 5 баллов

Мой ответ

6. Расшифруйте аббревиатуру ПГУ: * 5 баллов

Мой ответ

7. Доля ЭС в структуре установленной мощности электростанций ЕЭС России. * 4 балла

	65-68%	18-22%	10...12%	1...1,5%
ТЭС	○	○	○	○
ГЭС	○	○	○	○
АЭС	○	○	○	○
ВЭС и СЭС	○	○	○	○

8. Паротурбинные установки являются основой: * 8 баллов

- [ ] КЭС и ТЭЦ
- [ ] ПГУ-КЭС и ПГУ-ТЭЦ
- [ ] ГТЭС и ГТУ-ТЭЦ
- [ ] ВЭС и СЭС
- [ ] ГЭС

9. Электростанции, работающие на органическом топливе: * 10 баллов

- [ ] ВЭС
- [ ] ГеоТЭС
- [ ] ГЭС
- [ ] СЭС
- [ ] ТЭС
- [ ] КЭС
- [ ] АЭС
- [ ] ТЭЦ

10.

К первичным видам энергии относятся: * 10 баллов

- [ ] механическая энергия воды
- [ ] энергия деления ядер атомов
- [ ] электрическая энергия
- [ ] энергия солнечного излучения
- [ ] электрическая энергия и тепло
- [ ] глубинное тепло Земли
- [ ] химическая энергия топлива

11.

Первичные энергоресурсы, занимающие лидирующие положение по потреблению для производства электроэнергии в стране. * 5 баллов

	Твердое топливо	Газообразное топливо	Жидкое топливо	Ядерное топливо	Гидроэнергия
Исландия	○	○	○	○	○
Китай	○	○	○	○	○
Россия	○	○	○	○	○
Германия	○	○	○	○	○
Франция	○	○	○	○	○

12.

Электрическая станция, предназначенная для производства: * 6 баллов

	механической энергии	тепловой энергии	электрической энергии	электроэнергии и тепла	химической энергии	ядер энер
АЭС	○	○	○	○	○	○
КЭС	○	○	○	○	○	○
СЭС	○	○	○	○	○	○
ВЭС	○	○	○	○	○	○
ГЭС	○	○	○	○	○	○
ТЭЦ	○	○	○	○	○	○

13.

Электростанция, преобразующая: * 5 баллов

	АЭС	ГЭС	КЭС	ТЭС	ТЭЦ
химическую энергию топлива в электрическую энергию	○	○	○	○	○
механическую энергию воды в электрическую энергию	○	○	○	○	○
химическую энергию топлива в электрическую энергию или электрическую энергию и тепло	○	○	○	○	○
энергию деления ядер атомов в электрическую энергию	○	○	○	○	○
химическую энергию топлива в электрическую энергию и тепло	○	○	○	○	○

14. Доля ЭС в структуре производства электроэнергии в ЕЭС России. * 4 балла

	58-62%	19-21%	17...20%	менее 0,5%
АЭС	○	○	○	○
ГЭС	○	○	○	○
ВЭС и СЭС	○	○	○	○
ТЭС	○	○	○	○

15. Расшифруйте аббревиатуру ЕЭС: * 5 баллов

Мой ответ

16. Энергетика - это область народного хозяйства, науки и техники, охватывающая энергетические ресурсы, производство, передачу, преобразование, аккумулирование, распределение и потребление ... * 5 баллов

- ○ тепловой энергии
- ○ различных видов энергии
- ○ первичной энергии
- ○ электрической энергии
- ○ вторичной энергии
- ○ электрической энергии и тепла

17. ЕЭС состоит из 71 региональных энергосистем, которые, в свою очередь, образуют ... ОЭС. 5 баллов

- ○ 5
- ○ 7
- ○ 9
- ○ 12
- ○ 14

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 90% от максимального количества баллов.

Оценка: 4
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 75% от максимального количества баллов.

Оценка: 3
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 60% от максимального количества баллов.

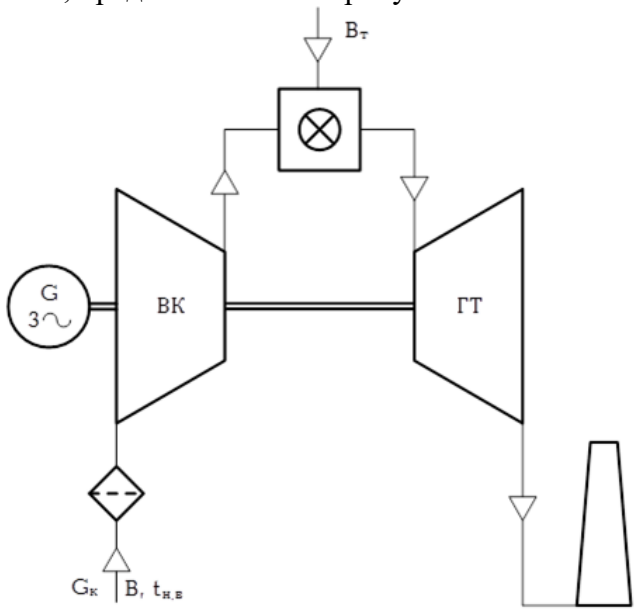
Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано менее 60% от максимального количества баллов.

КМ-2. Контрольная работа «Расчет термодинамических процессов в элементах ГТУ с учетом теплофизических свойств рабочих сред»

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 15
Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа содержит одну задачу. Время выполнения - не более 45 минут. Для решения задачи предоставляются справочные данные теплофизических свойств стандартного сухого воздуха и чистых продуктов сгорания стандартного углеводородного топлива на основе учебника Паровые турбины и газотурбинные установки для электростанций. / А.Г. Костюк, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний. М.: Издательский дом МЭИ, 2018.

Краткое содержание задания:

Рассчитать процесс расширения продуктов сгорания в проточной части газовой турбины ГТУ, представленной на рисунке.



Определить теплофизические свойства (*срг, тг, Rрг*) продуктов сгорания стандартного углеводородного топлива при их расширении в проточной части газовой турбины, если температура газов *tc* = 1150°С, степень повышения давления компрессора ε = 16, коэффициент λ=0,95.

Чему равна температура газов за ГТ и ее внутренняя мощность, если расход продуктов сгорания на выходе из КС составляет *Gг* = 138 кг/с?

Принять коэффициент избытка воздуха α = 3,83. Недостающими величинами задаться самостоятельно.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: теоретические основы рабочих процессов, происходящих в элементах газотурбинной установки	1.Изобразить процесс расширения продуктов сгорания в *h,s*-диаграмме в проточной части газовой турбины ГТУ.
Уметь: рассчитывать тепловые процессы в элементах газотурбинных установок с учетом теплофизических свойств рабочих сред	1.Определить теплофизические свойства (*срг, тг, Rрг*) продуктов сгорания стандартного углеводородного топлива при их расширении в проточной части газовой турбины и ее внутреннюю мощность.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задача решена полностью и верно, без недочетов; у всех величин указана размерность.

Оценка: 4
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задача решена в целом верно: либо не доделано не более 10% задачи, либо не более одного параметра определено по справочным данным не верно; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем на 5%; не у всех величин указана размерность.

Оценка: 3
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если либо правильно решено не менее 80% задачи, либо не более двух параметров определено по справочным данным не верно; либо использованы правильные формулы, но при подстановке значений допущены ошибки; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем на 10%.

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно решено менее 80% задачи, либо записан правильный ответ, но решение отсутствует или записаны уравнения, не имеющие отношения к физическим явлениям и процессам, которые рассмотрены в данной задаче.

КМ-3. Выполнение п.1 типового расчета «Расчет тепловой схемы энергетической ГТУ»

Формы реализации: Проверка задания
Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 15
Процедура проведения контрольного мероприятия: Задание на типовой расчет выдается не позднее 6 недели. Срок выполнения 1 пункта типового расчета - до 8 недели. Оценивается правильность выполнения пункта в установленные сроки.

Краткое содержание задания:
Задание: рассчитать параметры тепловой схемы простой энергетической ГТУ, характеристики ее экономичности, расходы рабочего тела через агрегаты, мощности турбины и компрессора.
Исходные данные для расчета определяются по соотношениям:
1. Мощность приводимого агрегата $N = 10(3 + n)$, МВт;
2. Температура газов перед турбиной $t_c = 1000 + 25(2 + n)$, °С;
3. Начальная температура воздуха $t_a = (n – 16)$, °С;
где n – номер студента в учебном журнале.
Остальными величинами необходимо обоснованно задаваться в процессе выполнения расчета.
В результате расчета должны быть **определены**:
1) зависимости полезной работы цикла, коэффициента полезной работы и абсолютного внутреннего КПД от степени повышения давления, на основании чего выбирается ее «оптимальное» значение;
2) параметры в характерных точках тепловой схемы ($a`, a, b, c, d$): давление, энтальпия и температура;
3) относительный расход топлива и коэффициент избытка воздуха;
4) расходы: топлива, воздуха через компрессор, газов через турбину;

5) мощности воздушного компрессора и газовой турбины;
6) основные экономические показатели ГТУ без учета и с учетом охлаждения газовой турбины (удельная работа, абсолютный электрический КПД, удельные расходы теплоты и топлива).

Краткие методические указания
1. Топливо: стандартное углеводородное (85% углерода и 15% водорода).
2. Сухой воздух («стандартный» химический состав).
3. Выбор «оптимального» значения степени повышения давления в компрессоре проводится обосновано в зависимости от назначения ГТУ: пикового, базового или универсального.
4. Расчет характеристик ГТУ (*H*, *φ* и *ηi*) в зависимости от степени повышения давления в цикле осуществляется при физических характеристиках рабочих сред, не зависящих от температуры; все последующие расчеты – по средним в фактическом диапазоне изменения температур.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: осуществлять выбор степени сжатия компрессора энергетической ГТУ простой тепловой схемы в зависимости от ее назначения (пикового, полупикового или базового)	1.1. Построить зависимости полезной работы цикла, коэффициента полезной работы и абсолютного внутреннего КПД от степени повышения давления, на основании чего выбирается ее «оптимальное» значение.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если пункт сделан полностью верно с опозданием не более чем на 1 неделю и не более чем со второй попытки.

Оценка: 4
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если либо в расчете присутствуют ошибки в заключительных действиях, которые не влияют на последующие расчеты в данном пункте; либо неверно указаны размерности величин; либо размерности величин не указаны; либо пункт сделан полностью верно с опозданием не более чем на 2 недели и не более чем со второй попытки.

Оценка: 3
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если пункт сделан полностью верно с опозданием более чем на 2 недели или более чем со второй попытки.

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в расчете присутствуют ошибки, влияющие на последующие расчеты в данном пункте.

КМ-4. Контрольная работа «Расчет технико-экономических показателей газотурбинной установки»

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 20
Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа содержит две задачи. Время выполнения - не более 60 минут.

Краткое содержание задания:

Задача 1

Как изменяться удельная работа сжатия, внутренняя мощность компрессора простой энергетической ГТУ и температура воздуха за ним, а также расход топлива, подаваемого в КС, при повышении температуры окружающего воздуха с 10 до 25°С и сохранении неизменными степени расширения в ГТ δ=22 и температуры газа перед турбиной tc=1250°С. Расход продуктов сгорания через проточную часть турбины составляет 194,2 кг/с.

Потери давления в камере сгорания $\Delta ркс$=46 кПа, за ГТ $\Delta рдт$=2 кПа; остальными гидравлическими сопротивлениями пренебречь. Барометрическое давление B=740 мм рт.ст.

Изобразить на одной T,s-диаграмме тепловые циклы ГТУ (до и после изменения температуры воздуха) согласно исходным данным.

Недостающими величинами задаться самостоятельно. Считать теплоемкости воздуха и продуктов сгорания не зависящими от температуры.

Задача 2

Определить удельную полезную работу, коэффициент полезной работы и абсолютный внутренний КПД простой энергетической ГТУ, спроектированной из условия обеспечения ее максимальной экономичности.

Для расчета заданы следующие величины:

ta=0;

τ=5,5;

λ=0,94.

Определить во сколько раз степень повышения давления, при которой достигается максимум удельной полезной работы, меньше степени повышения давления, при которой достигается максимальная эффективность ГТУ.

Изобразить зависимости удельной полезной работы и коэффициента полезной работы от степени повышения давления в компрессоре.

Недостающими величинами задаться самостоятельно. Считать теплоемкости воздуха и продуктов сгорания не зависящими от температуры.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: влияние различных факторов на технико-экономические показатели энергетической газотурбинной установки	1.Как изменяться удельная работа сжатия, внутренняя мощность компрессора простой энергетической ГТУ и температура воздуха за ним, а также расход топлива, подаваемого в КС, при повышении температуры окружающего воздуха с 10 до 25°С и сохранении неизменными степени расширения в ГТи температуры газа перед турбиной. 2.Изобразить на одной T,s-диаграмме тепловые циклы ГТУ (до и после изменения температуры воздуха) согласно исходным данным. 3.Изобразить зависимости удельной полезной работы и коэффициента полезной работы от степени повышения давления в компрессоре.
Уметь: определять технико-экономические показатели газотурбинных установок	1.Определить удельную полезную работу, коэффициент полезной работы и абсолютный внутренний КПД простой энергетической ГТУ, спроектированной из условия обеспечения ее максимальной экономичности. 2.Определить во сколько раз степень повышения давления, при которой достигается максимум

	удельной полезной работы, меньше степени повышения давления, при которой достигается максимальная эффективность ГТУ.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если обе задачи решены полностью и верно, без недочетов и правильно изображены требуемые зависимости; у всех величин указана размерность.

Оценка: 4
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задачи решены в целом верно и правильно изображены требуемые зависимости: либо не доделано не более 10% какой-либо задачи; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях одной из задач, искажающие результат не более чем на 10%; не у всех величин указана размерность.

Оценка: 3
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в целом верно изображены требуемые зависимости или отсутствует требуемые зависимости в какой-либо из задач и либо правильно решено не менее 80% каждой задачи, либо использованы правильные формулы, но при подстановке значений допущены ошибки в одной из задач, либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях каждой из задач, искажающие результат не более чем на 10%.

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не правильно изображены или отсутствуют требуемые зависимости и правильно решено менее 80% каждой из задач, либо записан правильный ответ, но решение отсутствует или записаны уравнения, не имеющие отношения к физическим явлениям и процессам, которые рассмотрены в каждой из задач.

КМ-5. Выполнение пп.2-5 типового расчета «Расчет тепловой схемы энергетической ГТУ»

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 10
Процедура проведения контрольного мероприятия: Срок выполнения пп.2-5 типового расчета - до 12 недели. Оценивается правильность выполнения пунктов в установленные сроки. Для выполнения пп.2-5 Типового расчета требуются справочные данные теплофизических свойств стандартного сухого воздуха и чистых продуктов сгорания стандартного углеводородного топлива, приведенные в учебнике Паровые турбины и газотурбинные установки для электростанций. / А.Г. Костюк, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний. М.: Издательский дом МЭИ, 2018.

Краткое содержание задания:
Приведено в КМ-3.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: рассчитывать тепловую схему энергетической газотурбинной установки	1.2. Определить параметры в характерных точках тепловой схемы (*a`*, *a*, *b*, *c*, *d*): давление, энтальпия и температура. 2.3. Определить относительный расход топлива и коэффициент избытка воздуха.

	3.4. Определить расходы: топлива, воздуха через компрессор, газов через турбину. 4.5. Рассчитать мощности воздушного компрессора и газовой турбины.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если пункты сделаны полностью верно с опозданием не более чем на 1 неделю и не более чем со второй попытки.

Оценка: 4
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если либо в расчете присутствуют ошибки в заключительных действиях какого либо из пунктов, которые не влияют на последующие расчеты в данном пункте(ах); либо неверно указаны размерности величин; либо размерности величин не указаны; либо пункты сделаны полностью верно с опозданием не более чем на 2 недели и не более чем со второй попытки.

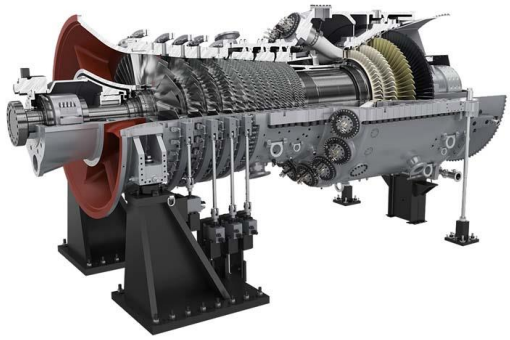
Оценка: 3
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если пункты сделаны полностью верно с опозданием более чем на 2 недели или более чем со второй попытки.

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в расчете присутствуют ошибки, влияющие на последующие расчеты в каком-либо из пунктов.

КМ-6. Коллоквиум «Конструкция элементов ГТУ»

Формы реализации: Устная форма
Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум
Вес контрольного мероприятия в БРС: 15
Процедура проведения контрольного мероприятия: Время на подготовку - не более 30 мин. Время опроса - не более 15 мин.

Краткое содержание задания:
На коллоквиуме обучающемуся задаются теоретические и практические вопросы по заданной конструкции ГТУ.
Пример варианта ГТУ:



Контрольные вопросы/задания:

Знать: конструкцию основных элементов газотурбинных установок	1.Из каких основных конструктивных узлов состоит ГТУ? 2.Укажите основные элементы осевого компрессора ГТУ. 3.Какие элементы проточной части охлаждаются в

	газовой турбине? 4.Как изменяется температура рабочего тела по проточной части ГТУ. 5.Какие узлы определяют положение ротора в корпусе ГТУ? 6.Из каких элементов состоит простейший одноступенчатый компрессор?
Уметь: объяснять физические принципы работы элементов газотурбинных установок и их конструкцию	1.Назначение, устройство и принцип работы камеры сгорания ГТУ. 2.Какие функции выполняет диффузор, устанавливаемый за газовой турбиной ГТУ? 3.Для каких целей служит поворотный ВНА? 4.Как охлаждается корпус газовой турбины? 5.Как подается воздух для охлаждения ротора газовой турбины? 6.Каково назначение упорных и опорных подшипников? 7.Что произойдет при обледенении фильтров и входного направляющего аппарата осевого компрессора? 8.Какой процесс в тракте ГТУ называют помпажом? Почему недопустима работа компрессора в области помпажа?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов.

Оценка: 4
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок.

Оценка: 3
Описание характеристики выполнения знания: если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы либо при ответе часто допускались ошибки.

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если правильно даны ответы менее чем на половину вопросов.

КМ-7. Выполнение п.6 и защита типового расчета «Расчет тепловой схемы энергетической ГТУ»

Формы реализации: Защита задания
Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 20
Процедура проведения контрольного мероприятия: К защите типового расчета допускаются обучающиеся, правильно выполнившие п. 6 типового расчета. Время опроса - не более 15 мин.

Краткое содержание задания:
На защите обучающемуся задаются теоретические и практические вопросы по выполненному типовому расчету.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: теоретические основы рабочих процессов, происходящих в элементах газотурбинной установки	1.Чему равна температура за компрессором (турбиной) при степени сжатия равной единице? Как выглядит в этом случае цикл ГТУ в T-S координатах? 2.При какой степени сжатия температура за компрессором равна температуре перед турбиной? Как в этом случае изображается цикл ГТУ?
Знать: устройство, схемы и принципы работы газотурбинных установок	1.Приведите принципиальную схему ГТУ с регенерацией и ее тепловой цикл в T-S координатах. 2.Приведите принципиальную схему ГТУ с промежуточным подводом тепла и ее тепловой цикл в T-S координатах. 3.Назовите назначение основных элементов газотурбинной установки.
Знать: влияние различных факторов на технико-экономические показатели энергетической газотурбинной установки	1..Какое влияния оказывает начальная температура рабочего тела ГТ на мощность и экономичность ГТУ? 2.Влияние гидравлического сопротивления, утечек и механического КПД.
Знать: основы проектирования и методику конструкторского расчета тепловой схемы энергетической газотурбинной установки	1.Изложите последовательность расчета тепловой схемы ГТУ. 2.Как определяется избыток воздуха в камере сгорания ГТУ? 3.Что такое коэффициент избытка воздуха? Что такое чистые продукты сгорания? 4.Основные этапы проектирования ГТУ 5.Выбор степени повышения сжатия при проектировании ГТУ как агрегата универсального назначения: пикового и базового.
Знать: пути повышения экономических показателей газотурбинных установок	1.Где возможно использование тепла уходящих газов? 2.Для чего применяют промежуточные подогрев рабочего тела и охлаждение воздуха в ГТУ? 3.К чему приводит введение промежуточного охлаждения воздуха в ГТУ? 4.К чему приводит применение промежуточного охлаждения воздуха в ГТУ с регенераци-ей? 5.Чем отличаются количественный и качественный способы регулирования ГТУ?
Уметь: рассчитывать тепловые процессы в элементах газотурбинных установок с учетом теплофизических свойств рабочих сред	1.Как определить температуру газа за турбиной, если известна температура перед турбиной, КПД турбины и степень расширения в ней? 2.Как определить температуру за компрессором, если известна температура перед компрессором, его КПД и степень сжатия?
Уметь: объяснять физические принципы работы элементов газотурбинных установок и их конструкцию	1.Объясните принцип работы простейшей газотурбинной установки по циклу Брайтона, изобразив его в T,s-диаграмме. 2.Что произойдет с компрессором, если вышла из строя система фильтров?
Уметь: анализировать влияние различных факторов на технико-	1.6. Определить основные экономические показатели ГТУ без учета и с учетом охлаждения газовой

экономические показатели энергетической газотурбинной установки	турбины (удельная работа, абсолютный электрический КПД, удельные расходы теплоты и топлива). 2.Как изменится мощность ГТУ при уменьшении плотности воздуха перед компрессом? 3.Как влияет выбор значения степени сжатия на основные технико-экономические показатели ГТУ: КПД, удельную массу кг/кВт и массовый расход воздуха? 4.Как влияет температура уходящих газов из ГТУ на технические показатели?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов.

Оценка: 4
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок.

Оценка: 3
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы либо при ответе часто допускались ошибки.

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно даны ответы менее чем на половину вопросов.

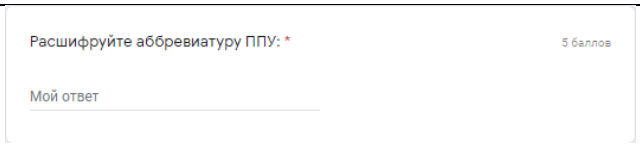
6 семестр

КМ-1. Тест «Тепловые циклы и схемы паротурбинных установок»

Формы реализации: Компьютерное задание
Тип контрольного мероприятия: Тестирование
Вес контрольного мероприятия в БРС: 10
Процедура проведения контрольного мероприятия: Время выполнения - не более 20 минут. При выполнении тестового задания могут использоваться справочные данные справочные данные теплофизических свойств воды и водяного пара на основе справочника А. А. Александров, Б. А. Григорьев . – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 168 с. - ISBN 5-7046-0397-1.

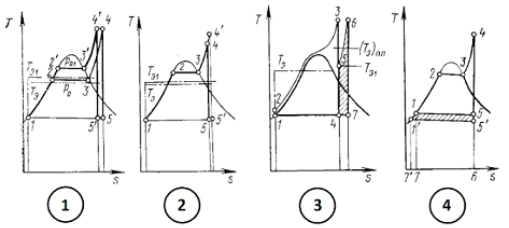
Краткое содержание задания:
Тест состоит из 18 вопросов.
Максимальное количество баллов за все правильно выполненные тестовые задания - 100.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: теоретические основы термодинамических процессов, происходящих в элементах паросиловых установок	1. 

2.

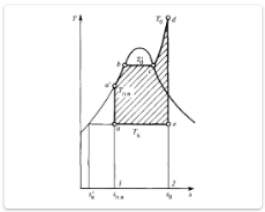
Укажите T,s-диаграмму цикла(ов) ПТУ с: * 8 баллов



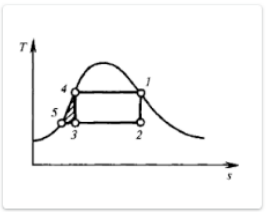
	1	2	3	4
разными давлениями в конденсаторе	○	○	○	○
разными начальными температурами	○	○	○	○
с промежуточным перегревом пара	○	○	○	○
разными начальными давлениями	○	○	○	○

3.

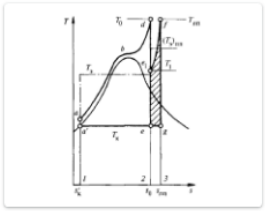
Укажите T,s-диаграмму цикла ПТУ на сверхкритические начальные параметры пара * 5 баллов



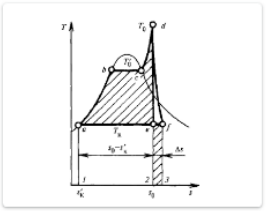
○ Вариант 1



○ Вариант 2



○ Вариант 3

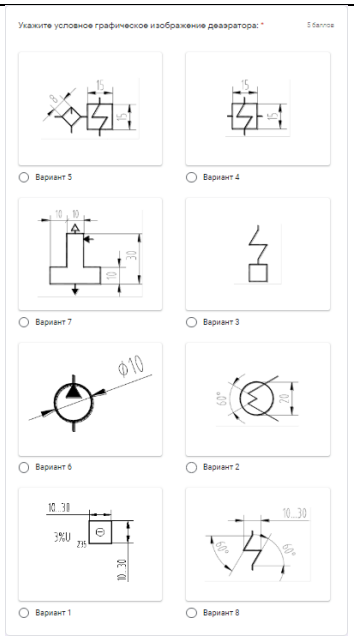


○ Вариант 4

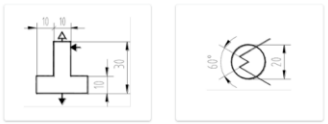
4.

Критическое давление воды и водяного пара составляет... МПа. * 5 баллов

- ○ 12
- ○ 18
- ○ 22
- ○ 8
- ○ 28
- ○ 32

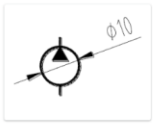
	5.  6. Критическая температура воды и водяного пара составляет... °С. * 5 баллов ○ 324 ○ 524 ○ 454 ○ 374 ○ 274 ○ 224 7. Расшифруйте аббревиатуру ПСУ: * 5 баллов Мой ответ
Знать: устройство, схемы и принципы работы паросиловых установок	1. ПТУ - это установка предназначенная для преобразования: * 5 баллов ○ химической энергии топлива в тепло ○ энергии пара в механическую ○ энергии пара в электрическую ○ химической энергии топлива в электрическую ○ механической энергии в электрическую ○ ядерной энергии в механическую

2. Укажите условное графическое изображение ядерного реактора * 5 баллов



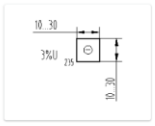
Вариант 7

Вариант 2

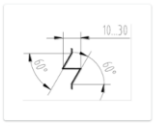


Вариант 6

Вариант 5

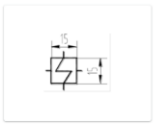


Вариант 1



Вариант 8

Вариант 3



Вариант 4

3. В основе работы ПТУ лежит термодинамический цикл: * 5 баллов

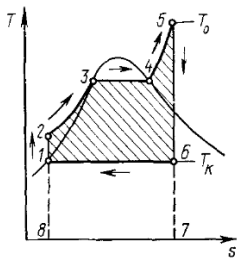
- Брайтона
- Карно
- Ренкина
- Дизеля
- Отто
- Лоренца

4. Паротурбинный агрегат - это совокупность: * 5 баллов

- паровой турбины и вспомогательного оборудования
- паропроизводящей установки и электрического генератора
- паровой турбины и машины, приводимой ею в действие
- паропроизводящей установки и паровой турбины
- паросиловой установки и электрического генератора
- вращающихся и неподвижных элементов, объединенных корпусом

5.

На T,s-диаграмме идеального цикла теплосиловой установки процесс ... – это ... * 6 баллов



	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-1
перегрева пара в пароперегревателе	○	○	○	○	○	○
адиабатического сжатия воды в питательном насосе	○	○	○	○	○	○
кипения воды в котле	○	○	○	○	○	○
нагрева воды в котле до температуры кипения	○	○	○	○	○	○
изоэнтропийного расширение пара в турбине	○	○	○	○	○	○
конденсации отработавшего пара в конденсаторе	○	○	○	○	○	○

6.

Расшифруйте аббревиатуру ПН: * 5 баллов

Мой ответ

7.

Расшифруйте аббревиатуру ПЕ: * 5 баллов

Мой ответ

8.

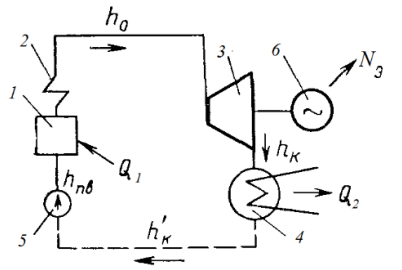
ТЭС – это электростанция, преобразующая в электрическую энергию или в электрическую энергию и тепло: * 5 баллов

- ○ энергию солнечного излучения
- ○ механическую энергию воды
- ○ энергию деления ядер атомов
- ○ глубинное тепло Земли
- ○ энергию синтеза ядер атомов
- ○ химическую энергию топлива

9.

КЭС – это паротурбинная станция, предназначенная для выработки: * 5 баллов

- ○ электроэнергии и тепла
- ○ кинетической энергии
- ○ механической энергии
- ○ электрической энергии
- ○ ядерной энергии
- ○ тепловой энергии

	10. Укажите наименования элементов тепловой схемы ПСУ, представленной на рисунке. * 6 баллов  1 2 3 4 5 6 ЭГ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ПН ○ ○ ○ ○ ○ ○ ПТ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ПК ○ ○ ○ ○ ○ ○ ПЕ ○ ○ ○ ○ ○ ○ К ○ ○ ○ ○ ○ ○
Уметь: рассчитывать тепловые процессы в элементах паротурбинных установок	1. Определить энтальпию пара при давлении 2 МПа и степени сухости 0,8, используя таблицы водяного пара: * 10 баллов Мой ответ

p	t	v′	v″	h′	h″	r	s′	s″
МПа	°C	м³/кг		кДж/кг			кДж/(кг·К)	
2	212,4	0,0012	0,0995	908,6	2797,4	1888,8	2,45	6,34

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 90% от максимального количества баллов.

Оценка: 4
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 75% от максимального количества баллов.

Оценка: 3
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 60% от максимального количества баллов.

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано менее 60% от максимального количества баллов.

КМ-2. Контрольная работа «Влияние параметров пара на основные показатели цикла ПТУ. Основные экономические показатели паротурбинной установки»

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 20
Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа содержит одну задачу. Время выполнения - не более 45 минут. Для решения задачи предоставляются справочные данные теплофизических свойств воды и водяного пара на основе справочника А. А. Александров, Б. А. Григорьев . – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 168 с. - ISBN 5-7046-0397-1

и h,s - диаграмма для водяного пара (по справочнику "Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара").

Краткое содержание задания:

Определить располагаемые теплоперепады ЦВД и ЦНД, а также термический КПД паротурбинного цикла при следующих параметрах пара:
p0=12,75 МПа;
pnn=2,45 МПа;
t0=tnn= 565 °С;
pк = 5,0 кПа.
Определить электрическую мощность и электрический КПД данной турбоустановки, если известно: расход пара *G*=165 кг/с, относительные внутренние КПД цилиндров *ηoiЦВД=ηoiЦНД*=0,85, механический КПД турбоагрегата *ηм*=0,96, КПД электрогенератора *ηэ.г*= 0,995.
Как изменится термический КПД цикла при падении вакуума в конденсаторе до 93%?
Изобразить принципиальную схему ПТУ согласно исходным данным и ее действительный тепловой цикл в *T,s*-диаграмме, построить процесс расширения пара в турбине в *h,s*-диаграмме.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: теоретические основы термодинамических процессов, происходящих в элементах паросиловых установок	1.Изобразить принципиальную схему ПТУ согласно исходным данным и ее действительный тепловой цикл в *T,s*-диаграмме, построить процесс расширения пара в турбине в *h,s*-диаграмме.
Знать: влияние основных параметров на технико-экономические показатели паротурбинных установок	1.Как изменится термический КПД цикла при падении вакуума?
Уметь: рассчитывать тепловые процессы в элементах паротурбинных установок	1.Определить располагаемые теплоперепады ЦВД и ЦНД, а также термический КПД паротурбинного цикла.
Уметь: рассчитывать технико-экономические показатели паротурбинных установок	1.Определить электрическую мощность и электрический КПД турбоустановки.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задача решена полностью и верно, без недочетов; у всех величин указана размерность.

Оценка: 4
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задача решена в целом верно: либо не доделано не более 10% задачи; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем на 5%; не у всех величин указана размерность.

Оценка: 3
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если либо правильно решено не менее 80% задачи; либо использованы правильные формулы, но при подстановке значений допущены ошибки; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем на 10%.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно решено менее 80% задачи, либо записан правильный ответ, но решение отсутствует или записаны уравнения, не имеющие отношения к физическим явлениям и процессам, которые рассмотрены в данной задаче.

КМ-3. Тест «Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии»

Формы реализации: Компьютерное задание
Тип контрольного мероприятия: Тестирование
Вес контрольного мероприятия в БРС: 10
Процедура проведения контрольного мероприятия: Время выполнения - не более 20 минут. При выполнении тестового задания могут использоваться справочные данные справочные данные теплофизических свойств воды и водяного пара на основе справочника А. А. Александров, Б. А. Григорьев . – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 168 с. - ISBN 5-7046-0397-1.

Краткое содержание задания:
Тест состоит из 17 вопросов.
Максимальное количество баллов за все правильно выполненные тестовые задания - 100.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные принципы комбинированной выработки тепловой и электрической энергии	1. Теплофикационная паровая турбина типа Т – это турбина: * 5 баллов ○ ЦНД которой при максимальной теплофикационной нагрузке вырабатывает механическую энергию ○ отработавший пар которой полезно используется в теплофикаторе ○ без отопительного отбора пара и конденсатором ○ без регулируемого отбора пара и конденсатора ○ с противодавлением без регулируемого отбора пара, отработавший пар которой полезно используется ○ с отопительным отбором пара и конденсатором, ЦНД которой при максимальной теплофикационной нагрузке не вырабатывает механическую энергию 2. Работа водонагревательных установок ТЭЦ осуществляется в соответствии с : * 5 баллов ○ графиком базовой нагрузки ○ температурным графиком системы теплоснабжения ○ графиком пиковой нагрузки ○ графиком системы электроснабжения ○ графиком электрической нагрузки 3. Система теплоснабжения - это совокупность: * 10 баллов ☐ источников тепловой энергии ☐ тягодутьевых устройств ☐ тепловых сетей ☐ электрических сетей ☐ систем преобразования, передачи и распределения электроэнергии ☐ теплопотребляющих установок

4. Турбина Р-100/105-130/15 с противодавлением ... МПа. * 5 баллов

- ◯ 10
- ◯ 10,5
- ◯ 1,45
- ◯ 12,8
- ◯ 15

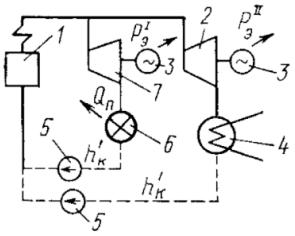
5. Паровая турбина типа Р – это теплофикационная турбина: * 5 баллов

- ◯ с противодавлением без регулируемого отбора пара, отработавший пар которой полезно используется
- ◯ с отопительным отбором пара и конденсатором
- ◯ с регулируемым отбором пара и конденсатором
- ◯ без регулируемого отбора пара и конденсатором
- ◯ без отопительного отбора пара и конденсатором
- ◯ отработавший пар которой полезно используется в конденсаторе

6. Расшифруйте аббревиатуру РТС: * 4 балла

Мой ответ

7. Укажите наименования элементов тепловой схемы ПСУ, представленной на рисунке. * 7 баллов

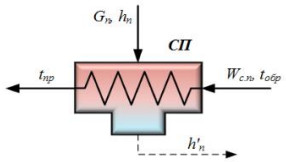


	1	2	3	4	5	6	7
потребитель теплоты	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
конденсационная турбина	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
котел	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
турбина с противодавлением	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
электрический генератор	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
насос	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
конденсатор	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯

8. Теплофикационная паровая турбина – это турбина с ..., предназначенная для комбинированной выработки механической и тепловой энергии * 5 баллов

- ◯ конденсатором
- ◯ регулируемым отбором пара и(или) противодавлением
- ◯ теплофикатором
- ◯ теплофикацией и(или) конденсацией
- ◯ теплофикатором и(или) конденсатором
- ◯ конденсацией и(или) противодавлением

9. Тепловая мощность сетевого подогревателя может быть рассчитана по уравнению: * 10 баллов



- [ ] $Q_т = G_п\left(h_п - h'_п\right)$ Вариант 4
- [ ] $Q_т = W_{с.в} c_{р\,вод}\left(t_{пр} - t_{обр}\right)$ Вариант 1
- [ ] $Q_т = W_{с.в} c_{р\,вод}\left(t_{обр} - t_{пр}\right)$ Вариант 2
- [ ] $Q_т = G_п\left(h_{пр} - h'_п\right)$ Вариант 3

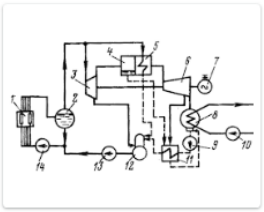
10. ТЭЦ – это паротурбинная электростанция, предназначенная для производства: * 5 баллов

- ( ) ядерной энергии
- ( ) тепловой энергии
- ( ) электрической энергии
- ( ) электрической энергии и тепла
- ( ) механической и кинетической энергии

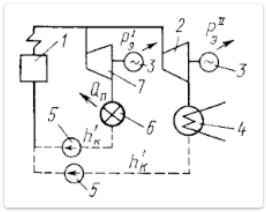
11. Теплофикация — это централизованное теплоснабжение потребителей теплом, но не от любого источника, а именно от: * 5 баллов

- ( ) РТС
- ( ) КЭС
- ( ) ТЭЦ
- ( ) КТС и КЭС
- ( ) РТС и КЭС
- ( ) КТС

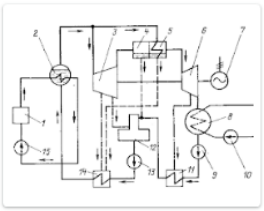
12. Укажите тепловую схему раздельной выработки теплоты и электроэнергии. * 5 баллов



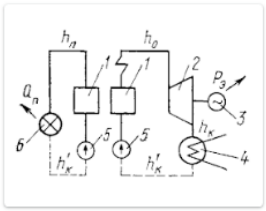
Вариант 1



Вариант 2



Вариант 3



Вариант 4

13. Расшифруйте аббревиатуру ТЭЦ: * 4 балла

Мой ответ

14. Деаэратор предназначен для удаления из воды: * 5 баллов

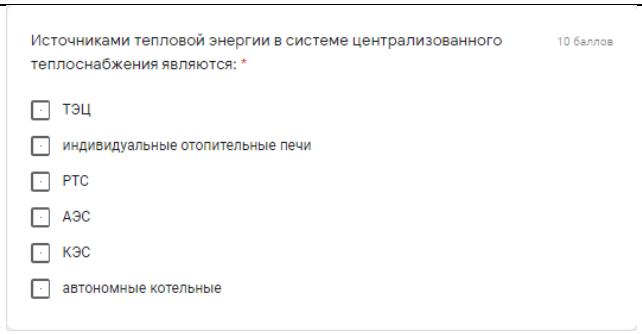
- сероводорода
- растворенных солей
- грубодисперсных примесей
- кислорода и углекислого газа
- оксидов азота
- органических веществ

15. При теплофикации ... возникает экономия топлива. * 5 баллов

- всегда
- иногда
- никогда
- только при определенны условиях
- периодически

16. Номинальная мощность теплофикационной паровой турбины Т-185/220-12,8-2 составляет ... МВт. * 5 баллов

- 220
- 185
- 130
- 2
- 12,8

	17. 

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 90% от максимального количества баллов.

Оценка: 4
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 75% от максимального количества баллов.

Оценка: 3
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 60% от максимального количества баллов.

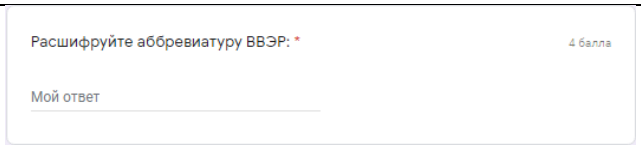
Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано менее 60% от максимального количества баллов.

КМ-4. Тест «Особенности паросиловых установок АЭС»

Формы реализации: Компьютерное задание
Тип контрольного мероприятия: Тестирование
Вес контрольного мероприятия в БРС: 10
Процедура проведения контрольного мероприятия: Время выполнения - не более 20 минут. При выполнении тестового задания могут использоваться справочные данные справочные данные теплофизических свойств воды и водяного пара на основе справочника А. А. Александров, Б. А. Григорьев . – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 168 с. - ISBN 5-7046-0397-1.

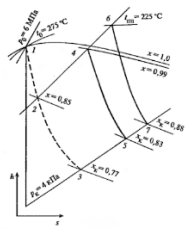
Краткое содержание задания:
Тест состоит из 17 вопросов.
Максимальное количество баллов за все правильно выполненные тестовые задания - 100.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: особенности паросиловых установок АЭС	1. 

2.

На h,s-диаграмме процесса расширения пара в турбинах насыщенного пара процесс ... – это ... * 6 баллов



	1-2	1-3	2-4	4-5	4-6	6-7
расширение пара в ЦВД	○	○	○	○	○	○
расширение пара в турбине без применения мер по удалению влаги	○	○	○	○	○	○
внешняя сепарация	○	○	○	○	○	○
промежуточный перегрев свежим паром	○	○	○	○	○	○
расширение пара в ЦНД после внешней сепарации влаги	○	○	○	○	○	○
расширение пара в ЦНД после промежуточного перегрева свежим паром	○	○	○	○	○	○

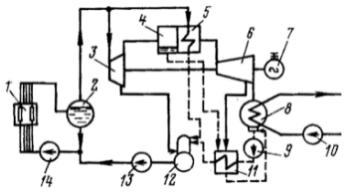
3.

КПД энергоблока АЭС составляет ...%. * 5 баллов

- ○ 41-46
- ○ 15-20
- ○ 52-61
- ○ 82-86
- ○ 31-38

4.

Укажите наименования элементов тепловой схемы энергоблока АЭС, представленной на рисунке. * 10 баллов



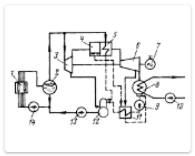
	1	2	3	4	5	6	9	12
деаэратор	○	○	○	○	○	○	○	○
КН	○	○	○	○	○	○	○	○
ГЦН	○	○	○	○	○	○	○	○
ПН	○	○	○	○	○	○	○	○
сепаратор	○	○	○	○	○	○	○	○
ЦНД	○	○	○	○	○	○	○	○
барабан-сепаратор	○	○	○	○	○	○	○	○
реактор	○	○	○	○	○	○	○	○
ЦВД	○	○	○	○	○	○	○	○
пароперегреватель	○	○	○	○	○	○	○	○

5.

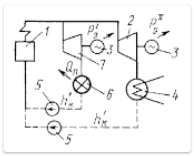
Вероятность захвата ядрами 235U велика для: * 5 баллов

- ○ медленных протонов
- ○ медленных нейтронов
- ○ быстрых электронов
- ○ быстрых нейтронов
- ○ быстрых протонов
- ○ медленных электронов

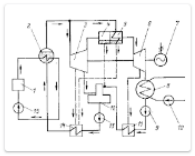
6. Укажите тепловую схему двухконтурной АЭС. * 5 баллов



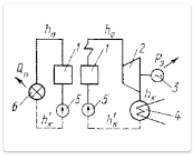
Вариант 1



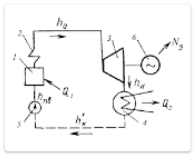
Вариант 2



Вариант 3



Вариант 4



Вариант 5

7. Расшифруйте аббревиатуру СПП: * 4 балла

Мой ответ

8. В качестве теплоносителя в ядерных реакторах используется * 8 баллов

- [ ] плутоний
- [ ] бор
- [ ] вода
- [ ] жидкий натрий
- [ ] графит
- [ ] уран

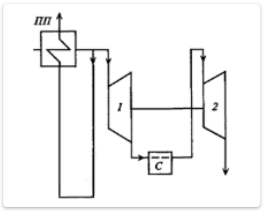
9. К реакторам на медленных нейтронах относятся: * 8 баллов

- [ ] РБМК
- [ ] ВВЭР
- [ ] FNR
- [ ] PWR
- [ ] БН
- [ ] BWR

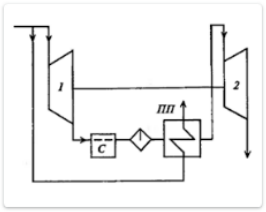
10. Для АЭС не характерны: * 8 баллов

- [ ] загрязнения окружающей среды
- [ ] тепловые выбросы
- [ ] выбросы вредных веществ (сернистых газов, оксидов углерода и др.)
- [ ] выбросы парниковых газов
- [ ] выбросы золы

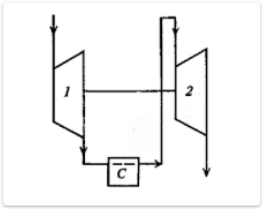
11. Укажите тепловую схему турбины насыщенного пара с внешней сепарацией и одноступенчатым перегревом свежим паром * 5 баллов



Вариант 2



Вариант 3



Вариант 1

12. АЭС – это электростанция, преобразующая ... в электрическую энергию * 5 баллов

- солнечную радиацию
- механическую энергию воды
- химическую энергию топлива
- энергию синтеза ядер атомов
- глубинное тепло Земли
- энергию деления ядер атомов

13. Содержание изотопа урана с атомной массой 235 в природном уране составляет около ...%. * 5 баллов

- 1,5
- 3,3-4,4
- 31-38
- 98
- 70
- 0,72

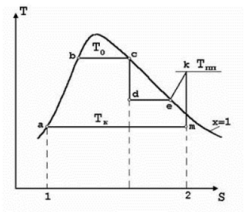
14. Номинальное давление свежего пара перед стопорными клапанами стационарной паровой турбины К-220-4,4-5 составляет ... МПа. * 5 баллов

- 22
- 5
- 4,4
- 220
- 44

15. Реакторы на тепловых нейтронах вырабатывают энергию за счет процесса деления изотопа урана: * 5 баллов

- ◯ 235U
- ◯ 236U
- ◯ 233U
- ◯ 237U
- ◯ 234U
- ◯ 238U

16. На T,s-диаграмме цикла теплосиловой установки процесс ... – это .... * 7 баллов



	a-b	b-c	c-d	d-e	e-k	k-m	m-a
нагрев воды до температуры насыщения	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
испарение воды	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
расширение пара в ЦВД	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
сепарация влаги	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
перегрев свежим паром	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
расширение пара в ЦНД	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
конденсация отработавшего пара	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯

17. Частота вращения тихоходной паровой турбины К-500-5,9/25 (для АЭС с реактором ВВЭР) составляет ... об/мин. * 5 баллов

- ◯ 5,9
- ◯ 1500
- ◯ 60
- ◯ от 5,9 до 25
- ◯ 500

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Нижний порог выполнения задания в процентах: 90
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 90% от максимального количества баллов.

Оценка: 4
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 75% от максимального количества баллов.

Оценка: 3
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 60% от максимального количества баллов.

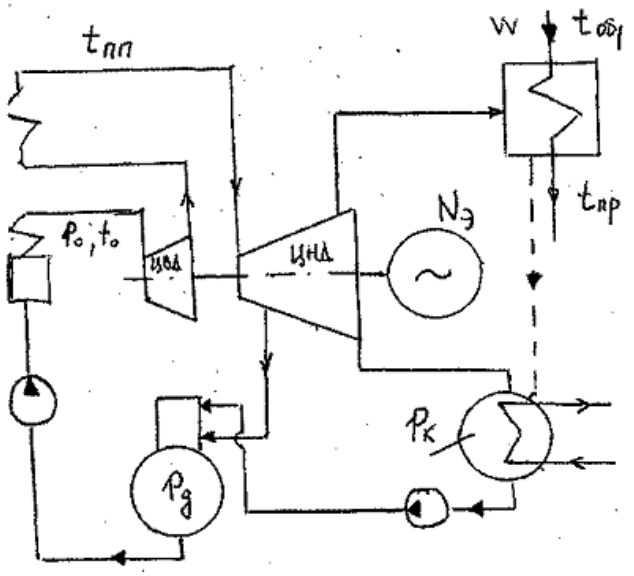
Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано менее 60% от максимального количества баллов.

КМ-5. Контрольная работа «Расчет тепловой схемы и технико-экономических показателей паросиловой установки»

Формы реализации: Письменная работа
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 30
Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа содержит одну задачу. Время выполнения - не более 90 минут. Для решения задачи предоставляются справочные данные теплофизических свойств воды и водяного пара на основе справочника А. А. Александров, Б. А. Григорьев . – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 168 с. - ISBN 5-7046-0397-1 и h,s - диаграмма для водяного пара (по справочнику "Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара").

Краткое содержание задания:

ПТУ спроектирована на параметры: расход пара G=80 кг/с, $p0$=21,0 МПа, $t0$=530 °С, $tпп$=520 °С, $pк$=5 кПа, с деаэратором.
Температура питательной воды $tпв$=200 °С.
Из ЧНД выполнен отбор для нагрева сетевой воды от температуры $tобр$=25 °С, с давлением $pотб$=0,2 МПа, расход пара $Gотб$=1,5 кг/с.
Коэффициенты полезного действия: $ηк$=0,94, $ηoiЦВД$=0,89, $ηoiЦНД$=0,86, $ηмех$=0,98, $ηэг$=0,99.



Контрольные вопросы/задания:

Знать: методики конструкторского расчета принципиальной тепловой схемы и основные принципы выбора технических параметров оборудования паротурбинных установок	1.Необходимыми величинами необходимо обоснованно задаться в процессе расчета.
Уметь: рассчитывать принципиальные тепловые схемы паротурбинных установок	1. Определить параметры пара за ЧВД, перед и за ЧНД. 2.Определить параметры питательной воды и конденсата, давление в деаэраторе, температуру прямой сетевой воды *tпр*. 3.Рассчитать расход сетевой воды *W*, электрическую мощность турбины и тепловую нагрузку.

Уметь: рассчитывать технико-экономические показатели паротурбинных установок	1.Рассчитать коэффициент использования топлива и коэффициент выработки электроэнергии на тепловом потреблении.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задача решена полностью и верно, без недочетов; у всех величин указана размерность.

Оценка: 4
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задача решена в целом верно, но присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем на 5%; не у всех величин указана размерность.

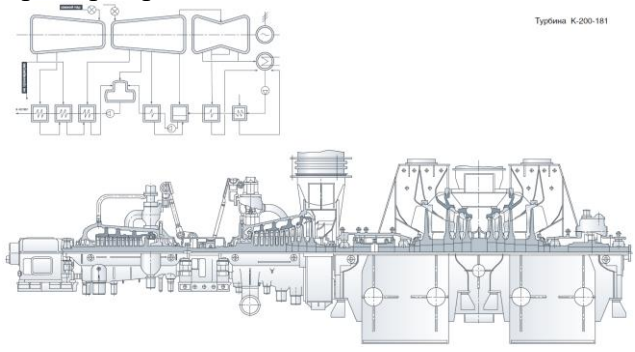
Оценка: 3
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если либо не доделан последний пункт задания; либо использованы правильные формулы, но при подстановке значений допущены ошибки; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем на 10%.

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если либо не выполнен последний пункт задания, либо записан правильный ответ, но решение отсутствует или записаны уравнения, не имеющие отношения к физическим явлениям и процессам, которые рассмотрены в данной задаче, либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат более чем на 10%.

КМ-6. Коллоквиум «Тепловая схема реальной ПТУ. Устройство паровой турбины»

Формы реализации: Устная форма
Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум
Вес контрольного мероприятия в БРС: 20
Процедура проведения контрольного мероприятия: Время на подготовку - не более 30 мин. Время опроса - не более 15 мин.

Краткое содержание задания:
На коллоквиуме обучающемуся задаются теоретические и практические вопросы по заданной тепловой схеме ПТУ и устройству ее паровой турбины.
Пример варианта задания:



Контрольные вопросы/задания:

Знать: типы паровых турбин и конструкцию их основных узлов	1.Перечислите основные элементы тепловой схемы ПТУ.

	2.Из каких основных элементов состоит типичная энергетическая паровая турбина? 3.Расшифруйте обозначение заданной турбины. 4.Из каких основных элементов состоит статор турбины? 5.Из каких основных элементов состоит ротор турбины? 6.Какие типы турбин (по назначению) используются в энергетике? 7.Назовите основные элементы цилиндра паровой турбины.
Знать: устройство, схемы и принципы работы паросиловых установок	1.Назовите назначение основных элементов паротурбинного энергоблока: энергетического котла, паровой турбины, конденсатора и питательного насоса. 2.Приведите схему движения сред в регенеративных подогревателях. 3.Почему тепловой цикл паросиловой установки выполняют замкнутым? 4.Приведите принципиальную схему ПТУ с противодавленческой турбиной. 5.Что собой представляет паротурбинный агрегат? 6.Чем отличаются паропроизводящие установки на ТЭС и АЭС? 7.Чем отличаются понятия: турбина, турбогенератор, турбоагрегат и турбоустановка? 8.Что такое деаэрация конденсата и в каком аппарате она осуществляется?
Знать: методики конструкторского расчета принципиальной тепловой схемы и основные принципы выбора технических параметров оборудования паротурбинных установок	1.Как выбирается давление промперегрева в турбинах высоких параметров пара? 2.Запишите уравнение теплового баланса для деаэратора. 3.Как влияет паровой промперегрев на термический КПД турбоустановок насыщенного пара? 4.В сетевой подогреватель подается пар с давлением 2 ат и температурой 140 °С. До какой температуры можно нагреть в нем сетевую воду?
Знать: основные способы повышения экономических показателей паротурбинных установок	1.Для чего в турбоустановках АЭС применяются внешняя сепарация и промежуточный перегрев? 2.Для чего в паротурбинной установке осуществляется регенеративный подогрев и как он осуществляется?
Уметь: объяснять физические принципы работы паротурбинных установок и конструкцию основных узлов паровых турбин	1.Объясните принцип работы простейшей паросиловой установки по циклу Ренкина, изобразив его в T,s-диаграмме. 2.Объясните на каком принципе основана работа сетевого подогревателя? 3.Для чего служат опорные и упорные подшипники в турбинах? 4.Какие функции выполняют концевые уплотнительные устройства?
Уметь: анализировать влияние	1.Почему в ПТУ начальное давление пара нельзя

основных параметров на технико-экономические показатели паротурбинных установок	изменять независимо от начальной температуры? 2.Как влияет промежуточный перегрев пара, осуществляемый в котельной установке, на термический КПД цикла и относительный КПД турбины? 3.От чего зависит давление в конденсаторе? 4.Чем объясняется выигрыш в экономичности при регенеративном подогреве питательной воды? 5.Почему промежуточный паровой перегрев пара на АЭС не приводит к повышению термического КПД цикла? Повышает ли он относительный внутренний КПД турбины? 6.Почему комбинированная выработка электроэнергии и теплоты дает экономический выигрыш?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов.

Оценка: 4
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок.

Оценка: 3
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы либо при ответе часто допускались ошибки.

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно даны ответы менее чем на половину вопросов.

Для курсового проекта/работы

7 семестр

I. Описание КП/КР

Обучающемуся выдается индивидуальное задание.

II. Примеры задания и темы работы

Пример задания

№ п/п	Тема КП	Исходные данные					
		Тип установки: паротурбинная, газотурбинная или парогазовая	Электрическая мощность	Начальные и конечные параметры рабочих тел и окружающей среды	Частота вращения	Прототип	Прочее
1	Газотурбинная	газотурбинная	300 кВт	Температура газов перед	1000 1/с	БЛМЗ ГТ-300	Топливо: смесь

	установка мощностью 300 кВт для автономной электростанций			турбиной Тс=1200 К; температуравоздуха на входе в компрессор Та=593 К			ксенона с гелием; k=1,7
2	Двухконтурная утилизационная ПГУ мощностью 110 МВт на базе газовой турбины ГТЭ-110 ОАО "Сатурн"	парогазовая	ГТУ - 100 МВт	Температура газов за газовой турбиной td=517°С; температура наружного воздуха tн.в. = 15°С; давление атмосферное рн.в.=10 кПа	3000 об/мин	ГТЭ-110 ОАО "Сатурн"	Химический состав природного топливного газа: CH4 -98%, C2H6 - 1,5%, C3H8 - 0.5%, ρт.г.= 0,687 кг/нм³
3	ПГУ на базе ГТУ-16П, предназначеной для привода ГПА	парогазовая	ГТУ - 16,47 МВт	Температура газов за силовой турбиной 540°С; расход выхлопных газов Gг=60,28 кг/с; КПД ГТУ-16П 37%; температура наружного воздуха tн.в=15°С; давление атмосферное В = 101,35 кПа	5300 об/мин	ГТУ-16П	Топливо - природный газ: метан - 97,5%; этан - 1,5%; пропан - 1%
4	Паротурбинная установка АЭС на базе тихоходной турбины типа К-1200-6,8/25 (прототип ЛМЗ)	паротурбинная	1200 МВт	Начальные параметры пара: р0=6,8 МПа, у0=0,2%; конечное давление рк=5 кПа	25 1/с	К-1200-6,8/25 ЛМЗ	
…	…	…	…	…	…	…	…
N	Двухвальная ГТУ мощностью 24,5 МВт (прототип - ГТУ типа SGT-600 фирмы Siemens)	газотурбинная	24,5 МВт	Параметры воздуха на входе: - полное давление 101,3 кПа; - полная температура 15°С; -	ТВД - 5600 об/мин; силовая турбина - 7700 об/мин	SGT-600	Номинальные значения показателей ГТУ должны быть определены по низшей

				относительная влажность 60%. Степень сжатия 14. Температура газов перед ТВД 1115°С			теплоте сгорания используемого топлива, а именно газообразного топлива (100% метан) - 50000 кДж/кг (при давлении 101,3 кПа и температуре 15 °С)

Тематика КП/КР:

Принципиальная тепловая схема турбоустановки.

КМ-1. Соблюдение графика выполнения КП
Описание шкалы оценивания

Оценка: 5
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задание получено в срок, подписано преподавателем и студентом, принято студентом к исполнению.

Оценка: 4
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задание получено с опозданием не более чем на 1 неделю, подписано преподавателем и студентом, принято студентом к исполнению.

Оценка: 3
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задание получено с запозданием более чем на 2 недели, подписано преподавателем и студентом, принято студентом к исполнению.

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задание получено с запозданием более чем на 2 недели, подписано преподавателем и студентом, но не принято студентом к исполнению.

КМ-2. Оценка выполнения и оформления чертежа
Описание шкалы оценивания

Оценка: 5
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если чертеж выполнен полностью верно в соответствии с действующими стандартами и имеющимися в технической литературе традициями с опозданием не более чем на 1 неделю и не более чем со второй попытки.

Оценка: 4
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если чертеж сделан полностью верно в соответствии с действующими стандартами и имеющимися в технической

литературе традициями с опозданием не более чем на 2 недели и не более чем со второй попытки.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если чертеж сделан полностью верно в соответствии с действующими стандартами и имеющимися в технической литературе традициями с опозданием более чем на 2 недели или более чем со второй попытки.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в чертеже присутствуют ошибки; либо он выполнен не в соответствии с действующими стандартами и имеющимися в технической литературе традициями.

КМ-3. Оценка выполнения раздела КП
Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если раздел сделан полностью верно с опозданием не более чем на 1 неделю и не более чем со второй попытки.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если либо в расчете присутствуют ошибки в заключительных действиях, которые не влияют на последующие расчеты в данном разделе; либо неверно указаны размерности величин; либо размерности величин не указаны; либо раздел сделан полностью верно с опозданием не более чем на 2 недели и не более чем со второй попытки.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если раздел сделан полностью верно с опозданием более чем на 2 недели или более чем со второй попытки.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в расчете присутствуют ошибки, влияющие на последующие расчеты в данном разделе.

КМ-4. Оценка выполнения раздела КП
Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если раздел сделан полностью верно с опозданием не более чем на 1 неделю и не более чем со второй попытки.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если либо в расчете присутствуют ошибки в заключительных действиях, которые не влияют на последующие расчеты в данном разделе; либо неверно указаны размерности величин; либо размерности величин не указаны; либо раздел сделан полностью верно с опозданием не более чем на 2 недели и не более чем со второй попытки.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если раздел сделан полностью верно с опозданием более чем на 2 недели или более чем со второй попытки.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в расчете присутствуют ошибки, влияющие на последующие расчеты в данном разделе.

КМ-5. Оценка выполнения раздела КП
Описание шкалы оценивания

Оценка: 5
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если раздел сделан полностью верно с опозданием не более чем на 1 неделю и не более чем со второй попытки.

Оценка: 4
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если либо в расчете присутствуют ошибки в заключительных действиях, которые не влияют на последующие расчеты в данном разделе; либо неверно указаны размерности величин; либо размерности величин не указаны; либо раздел сделан полностью верно с опозданием не более чем на 2 недели и не более чем со второй попытки.

Оценка: 3
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если раздел сделан полностью верно с опозданием более чем на 2 недели или более чем со второй попытки.

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в расчете присутствуют ошибки, влияющие на последующие расчеты в данном разделе.

КМ-6. Соблюдение графика выполнения КП и качество оформления расчетно-пояснительной записки и графического материала
Описание шкалы оценивания

Оценка: 5
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если РПЗ выполнена полностью в соответствии с заданием и оформлена в соответствии с требованиями, имеет четкое построение, логическую последовательность изложения материала.

Оценка: 4
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если РПЗ выполнена в соответствии с заданием и оформлена в соответствии с требованиями, однако имеет отдельные отклонения и неточности в построении, логической последовательности изложения материала.

Оценка: 3
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если РПЗ выполнена в соответствии с заданием и оформлена в соответствии с требованиями, однако имеет отдельные отклонения и нарушения в логическом изложения материала.

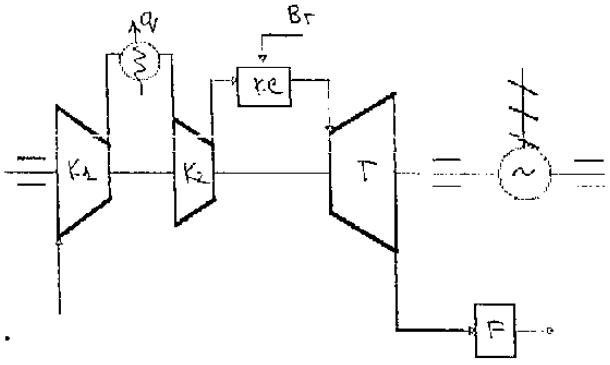
Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если РПЗ не оформлена в соответствии с требованиями.

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

<table>
<tr><td rowspan="4">МЭИ</td><td>БИЛЕТ К ЗАЧЕТУ №XX</td><td>Утверждаю</td></tr>
<tr><td>Кафедра Паровых и газовых турбин</td><td>Зав. кафедрой</td></tr>
<tr><td></td><td>Дисциплина «Газотурбинные и паротурбинные установки»</td></tr>
<tr><td>Институт ЭнМИ</td><td>20XX г.</td></tr>
<tr><td colspan="3">ГТУ состоит из двух компрессоров (КНД и КВД) и газовой турбины, установленных на одном валу, приводящем во вращение ротор электрогенератора мощностью Nэ=100 МВт. Степень повышения давления в КНД ε1=5; в КВД ε2=4. Давление окружающей среды ра=750 мм рт. ст.; температура ta=20°С. Между двумя компрессорами установлен теплообменник, охлаждающий воздух до температуры ta1=150 °С, потеря давления в теплообменнике Δрто=15 кПа.
Температура газов на входе в турбину tc=1100°С. Из турбины отработавшие газы попадают в камеру «F» с давлением 2 бар.
КПД компрессоров и турбины равны соответственно ηкнд=0,87; ηквд=0,85 и ηт=0,9.
Механический КПД и КПД электрогенератора ηм=0,99 и ηэг=0,99; камеры сгорания ηкс=0,99.
При проведении расчетов принять постоянными срв=срг=1,1 кДж/(кг×К); Rв=Rг=287 Дж/(кг×К).
Характеристики топлива: Qнр=43 МДж/кг и L0=15 кг/кг.
Всеми гидравлическими потерями (кроме потерь в теплообменнике) пренебречь.
Определить:
1) параметры рабочего тела перед и за компрессорами, перед и за турбиной;
2) расходы воздуха и топлива;
3) внутренние мощности КНД, КВД и газовой турбины;
4) удельный расход условного топлива на производство 1 кВт·ч электроэнергии.
  </td></tr>
</table>

Процедура проведения

Зачет проводится в письменной форме по билетам согласно программе зачета. Билет включает одну практическую задачу. Продолжительность зачета – не более 90 минут.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1$_{РПК-2}$ Демонстрирует знание закономерностей процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности

Вопросы, задания

1.Определить параметры рабочего тела перед и за компрессорами, перед и за турбиной.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Задания формируются случайным образом из базы заданий. В тестирование включены теоретические вопросы, предполагающие либо выбор одного верного ответа из предложенных, либо нескольких верных ответов из предложенных вариантов, и задания свободного изложения и(или) небольшие вычислительные задачи на основе КМ

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2$_{РПК-2}$ Демонстрирует знание конструкции и принципа работы объектов профессиональной деятельности

Вопросы, задания

1. Определить расходы воздуха и топлива, внутренние мощности КНД, КВД и газовой турбины.

3. Компетенция/Индикатор: ИД-3$_{РПК-2}$ Выполняет комплекс расчетов элементов объектов профессиональной деятельности

Вопросы, задания

1.Определить коэффициент использования топлива и удельный расход условного топлива на производство 1 кВт·ч электроэнергии.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Задания формируются случайным образом из базы заданий. В тестирование включены теоретические вопросы, предполагающие либо выбор одного верного ответа из предложенных, либо нескольких верных ответов из предложенных вариантов, и задания свободного изложения и(или) небольшие вычислительные задачи на основе КМ

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задача решена полностью и верно, без недочетов; у всех величин указана размерность.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задача решена в целом верно, но присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем на 5%; не у всех величин указана размерность.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если либо не доделан последний пункт задания; либо использованы правильные формулы, но при подстановке значений допущены ошибки; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем на 10%.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если, либо не выполнен последний пункт задания, либо записан правильный ответ, но решение отсутствует или

записаны уравнения, не имеющие отношения к физическим явлениям и процессам, которые рассмотрены в данной задаче.

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 зачетной составляющих.

6 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

<table>
<tr><td rowspan="4">МЭИ</td><td>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № XX</td><td>Утверждаю</td></tr>
<tr><td>Кафедра Паровых и газовых турбин</td><td>Зав.кафедрой ПГТ</td></tr>
<tr><td></td><td>Дисциплина «Газотурбинные и паротурбинные установки»</td></tr>
<tr><td>Институт ЭнМИ</td><td>20XX г.</td></tr>
<tr><td colspan="3">1. Термодинамический цикл ПТУ. Мощности и КПД турбин и паротурбинных установок.

2. Сравнительный анализ энергетических установок различного типа.

3. Задача
Определить внутреннюю мощность ЦВД паровой турбины, имеющего отбор пара в систему регенерации при давлении 6 МПа. Доля отбираемого пара составляет $\alpha_{отб}$=0,065.
Известны параметры пара перед первой ступенью турбины: $p0$=23,5 МПа; $t0$=560°С. Пар после ЦВД направляется на промежуточный перегрев при давлении 4 МПа с расходом 270 кг/с. Недостающими величинами задаться самостоятельно.</td></tr>
</table>

Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно программе экзамена. Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса и практическую задачу. Время на подготовку - не более 60 мин. Время опроса - не более 30 мин. Для решения практической задачи могут предоставляться справочные данные теплофизических свойств воды и водяного пара на основе справочника А.А. Александров, Б.А. Григорьев. – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 168 с. - ISBN 5-7046-0397-1 и h,s-диаграмма для водяного пара (по справочнику "Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара").

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1$_{РПК-2}$ Демонстрирует знание закономерностей процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности

Вопросы, задания

1.Примеры теоретических вопросов:

1. Термодинамический цикл паросиловой установки.

2. Термодинамические процессы в элементах ПТУ и их расчет.
3. Показатели тепловой экономичности паровых турбин и турбоустановок.
4. Мощности и КПД турбин и паротурбинных установок
5. Влияние начальных значений давления и температуры на термический и абсолютный внутренний КПД цикла ПТУ.
6. Влияние конечного давления на термический и абсолютный внутренний КПД цикла ПТУ.
7. Роль и назначение промежуточного перегрева пара в ПТУ. Его влияние на КПД ПТУ.
8. Выбор начальных и конечных параметров пара и промежуточного перегрева пара при проектировании тепловой схемы.
9. Регенеративный подогрев питательной воды.
10. Регенеративный цикл и его преимущества.
11. Регенеративный цикл с одним подогревателем.
12. Конденсационные установки паровых турбин. Тепловые процессы в конденсаторе.
13. Понятие о теплофикации. Раздельная и комбинированная выработка электроэнергии и тепла.
14. Термодинамическое преимущество комбинированной выработки. Показатели качества работы ТЭЦ.
15. Выбор начальных параметров пара АЭС. Сепарация и промежуточный перегрев.

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2$_{РПК-2}$ Демонстрирует знание конструкции и принципа работы объектов профессиональной деятельности

Вопросы, задания

1.Примеры теоретических вопросов:

1. Сравнительный анализ энергетических установок различного типа. Достигнутый уровень экономичности энергетических установок и перспективы их развития.
2. Понятие о паросиловой, паропроизводящей и паротурбинной установках. Преимущества и недостатки ПТУ.
3. Устройство, схема и принцип работы ПСУ.
4. Нагрев воды в регенеративной системе ПТУ. Тепловая схема реальной ПТУ.
5. Общее представление о тепловой электростанции. Основное оборудование ТЭС.
6. Основное и вспомогательное оборудование ТЭС.
7. Назначение, принцип работы, схемы включения и конструкции теплообменных аппаратов, деаэраторов.
8. Ресурсы, потребляемые АЭС, ее продукция и отходы производства.
9. Принципиальная схема ядерного реактора. Основные особенности и отличия энергетических реакторов типа ВВЭР и РБМК.
10. Технологические схемы производства электроэнергии на АЭС с реакторами различных типов.
11. Преимущества и недостатки АЭС по сравнению с ТЭС.
12. Устройство водоподогревательной установки ТЭЦ.
13. Паротурбинные установки: конденсационные, теплофикационные и с противодавлением.
14. Типы паровых турбин и области их использования.
15. Устройство и конструкция основных узлов паровой турбины.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Задания формируются случайным образом из базы заданий. В тестирование включены теоретические вопросы, предполагающие либо выбор одного верного ответа из предложенных, либо нескольких верных ответов из предложенных вариантов, и задания свободного изложения и(или) небольшие вычислительные задачи на основе КМ

3. Компетенция/Индикатор: ИД-З$_{РПК-2}$ Выполняет комплекс расчетов элементов объектов профессиональной деятельности

Вопросы, задания

1.Примеры практических задач:

Задача № 1

Определить внутреннюю мощность ЦВД паровой турбины, имеющего отбор пара в систему регенерации при давлении 6 МПа. Доля отбираемого пара составляет $\alpha_{отб}$=0,065.

Известны параметры пара перед первой ступенью турбины: $p0$=23,5 МПа; $t0$=560°С. Пар после ЦВД направляется на промежуточный перегрев при давлении 4 МПа с расходом 270 кг/с.

Недостающими величинами задаться самостоятельно.

Задача № 2

Определить термический КПД паротурбинного цикла при следующих параметрах пара:

$p0$=3,5 МПа;

сухой насыщенный пар;

$p_к$=0,04 бар.

Определить электрическую мощность, удельные расходы пара и теплоты данной ПТУ, если известно: расход пара G=300 кг/с, относительный внутренний КПД турбины ηoi=0,86, механический КПД турбоагрегата $\eta_м$=0,986, КПД электрогенератора $\eta_{э.г}$=0,98.

Изобразить принципиальную схему и действительный тепловой цикл данной ПТУ в T,s-диаграмме, построить процесс расширения пара в турбине в h,s-диаграмме.

Задача № 3

Найти параметры пара (энтальпию и степень влажности) за последней ступенью ЦВД турбины АЭС. Начальные параметры пара: $p0$=6,5 МПа; $x0$=0,99. Давление пара за цилиндром высокого давления составляет $p_{разд}$=1,3 МПа.

Для оценки относительного внутреннего КПД группы ступеней ЦВД использовать следующую формулу:

$\eta 0i$=0,89[1-0,8 ($y0$+$y_к$)/2],

где $y0$ – влажность на входе в группу ступеней, $y_к$ – влажность на выходе из группы ступеней.

Задача № 4

Определить параметры в отборе пара и его расход на ПНД-7 смешивающего типа из цилиндра низкого давления, если известны параметры пара перед и за ЦНД:

$p0_{цнд}$=0,16 МПа;

$t0_{цнд}$=209,6°С;

$p_к$=3,5 кПа.

На вход в ПНД-7 поступает конденсат из конденсатора с расходом 117 кг/с. Температура конденсата на выходе из ПНД-7 составляет 57,5°С.

Потерей давления в паропроводе на ПНД пренебречь.

Другими недостающими величинами задаться самостоятельно.

Задача № 5

Паротурбинная установка К-220-130 имеет нерегулируемый отбор пара для подогрева сетевой воды. Определить расход сетевой воды, подогреваемой в сетевом подогревателе, если известно: температура прямой сетевой воды составляет 87°С, а обратной – 55°С. Расход пара на подогреватель сетевой воды составляет 4,36 кг/с.

Отбор выполняется из ЦНД параметры пара, перед которым составляют: $p0_{цнд}$=0,16 МПа и $t0_{цнд}$=209,6°С. Давление в конденсаторе равно 3,5 кПа. Относительный внутренний КПД ЦНД рассматриваемой турбины составляет 0,84.
Потерей давления в паропроводе на сетевой подогреватель пренебречь.
Другими недостающими величинами задаться самостоятельно.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено практическое задание и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся показал, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных процессов и явлений или решения задач.

Оценка: 4
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено практическое задание или в нем допущено не более одной ошибки, которая была самостоятельно исправлена обучающимся, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся допускает негрубые ошибки.

Оценка: 3
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в выполненном практическом задании допущены грубые ошибки, которые затем исправлены обучающимся при участии экзаменатора или практическое задание не выполнено в полном объеме, но обучающийся смог довести решение до конца при участии экзаменатора, и в ответах на вопросы экзаменационного билета допущены ошибки.

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если практическое задание не выполнено или не даны ответы на вопросы экзаменационного билета и не выполнены критерии для оценки 3 («удовлетворительно»).

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

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

Для курсового проекта/работы:

7 семестр

Форма проведения: Защита КП/КР

I. Процедура защиты КП/КР

На защите курсового проекта обучающемуся задаются теоретические и практические вопросы по представленной расчетно-пояснительной записке и графическому материалу. Время опроса - не более 30 мин.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов.

Оценка: 4
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок.

Оценка: 3
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы либо при ответе часто допускались ошибки.

Оценка: 2
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно даны ответы менее чем на половину вопросов.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».