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
Комбинированные 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. Защита расчетного задания «Расчет тепловой схемы парогазовой установки» (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Тест «Термодинамические основы работы парогазовых установок» (Тестирование)
2. Тест «Типы парогазовых установок. Парогазовые технологии для модернизации ТЭС» (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа «Расчет технико-экономических показателей одноконтурной ПГУ-У» (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Выполнение пп. 1-2 расчетного задания «Расчет тепловой схемы парогазовой установки» (Расчетно-графическая работа)
2. Выполнение пп. 3-5 расчетного задания «Расчет тепловой схемы парогазовой установки» (Расчетно-графическая работа)

БРС дисциплины

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Тест «Термодинамические основы работы парогазовых установок» (Тестирование)

КМ-2 Выполнение пп. 1-2 расчетного задания «Расчет тепловой схемы парогазовой установки» (Расчетно-графическая работа)

КМ-3 Контрольная работа «Расчет технико-экономических показателей одноконтурной ПГУ-У»

(Контрольная работа)

КМ-4 Выполнение пп. 3-5 расчетного задания «Расчет тепловой схемы парогазовой установки» (Расчетно-графическая работа)

КМ-5 Защита расчетного задания «Расчет тепловой схемы парогазовой установки» (Расчетно-графическая работа)

КМ-6 Тест «Типы парогазовых установок. Парогазовые технологии для модернизации ТЭС» (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	4	7	9	11	15	16
Введение. Развитие энергетических технологий							
Введение. Развитие энергетических технологий		+					
Теплосиловые циклы комбинированных установок							
Теплосиловые циклы комбинированных установок		+				+	
Типы парогазовых установок и их основные характеристики							
Типы парогазовых установок и их основные характеристики						+	+
Принципиальные тепловые схемы ПГУ-У и их расчет							
Принципиальные тепловые схемы ПГУ-У и их расчет			+	+	+	+	+
Основное технологическое оборудование парогазовых установок							
Основное технологическое оборудование парогазовых установок						+	+
Парогазовые технологии для модернизации ТЭС							
Парогазовые технологии для модернизации ТЭС						+	+
	Вес КМ:	5	25	20	15	25	10

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: тенденции развития парогазовых технологий в отечественной и зарубежной энергетике теоретические основы работы комбинированных установок Уметь: рассчитывать тепловые процессы в элементах парогазовых установок	КМ-1 Тест «Термодинамические основы работы парогазовых установок» (Тестирование) КМ-2 Выполнение пп. 1-2 расчетного задания «Расчет тепловой схемы парогазовой установки» (Расчетно-графическая работа) КМ-3 Контрольная работа «Расчет технико-экономических показателей одноконтурной ПГУ-У» (Контрольная работа) КМ-5 Защита расчетного задания «Расчет тепловой схемы парогазовой установки» (Расчетно-графическая работа)
РПК-2	ИД-2$_{РПК-2}$ Демонстрирует знание конструкции и принципа работы объектов профессиональной деятельности	Знать: устройство, схемы и принципы работы комбинированных установок типы парогазовых установок и их основные характеристики Уметь: объяснять физические принципы работы парогазовых установок	КМ-5 Защита расчетного задания «Расчет тепловой схемы парогазовой установки» (Расчетно-графическая работа) КМ-6 Тест «Типы парогазовых установок. Парогазовые технологии для модернизации ТЭС» (Тестирование)
РПК-2	ИД-3$_{РПК-2}$ Выполняет	Знать:	КМ-2 Выполнение пп. 1-2 расчетного задания «Расчет тепловой схемы

	комплекс расчетов элементов объектов профессиональной деятельности	влияние различных факторов на технико-экономические показатели парогазовых установок основы проектирования и методику конструкторского расчета тепловой схемы парогазовой установки утилизационного типа Уметь: определять технико-экономические показатели парогазовых установок рассчитывать тепловую схему парогазовой установки анализировать влияние различных факторов на технико-экономические показатели парогазовых установок	парогазовой установки» (Расчетно-графическая работа) КМ-3 Контрольная работа «Расчет технико-экономических показателей одноконтурной ПГУ-У» (Контрольная работа) КМ-4 Выполнение пп. 3-5 расчетного задания «Расчет тепловой схемы парогазовой установки» (Расчетно-графическая работа) КМ-5 Защита расчетного задания «Расчет тепловой схемы парогазовой установки» (Расчетно-графическая работа) КМ-6 Тест «Типы парогазовых установок. Парогазовые технологии для модернизации ТЭС» (Тестирование)

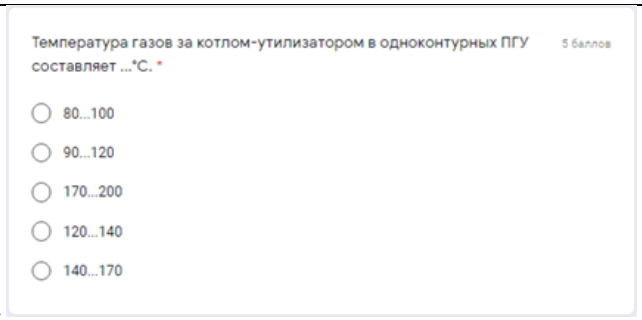
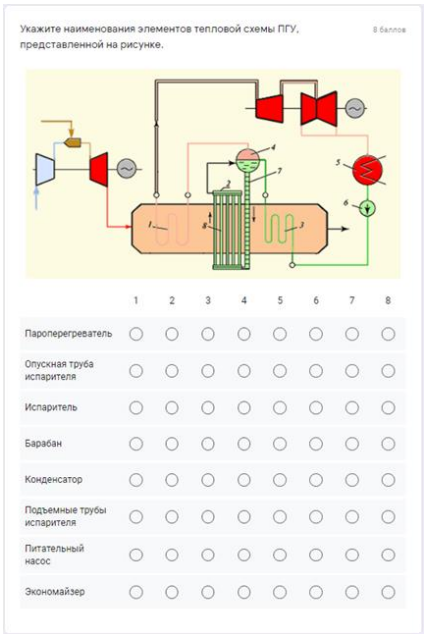
II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Тест «Термодинамические основы работы парогазовых установок»

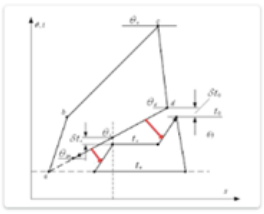
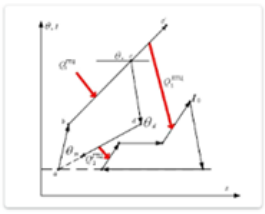
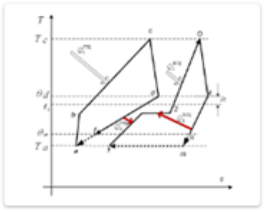
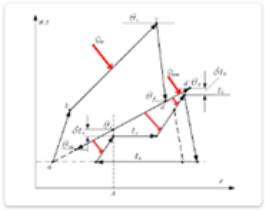
Формы реализации: Компьютерное задание
Тип контрольного мероприятия: Тестирование
Вес контрольного мероприятия в БРС: 5
Процедура проведения контрольного мероприятия: Время выполнения – не более 20 минут. При выполнении тестового задания могут использоваться справочные данные теплофизических свойств 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.

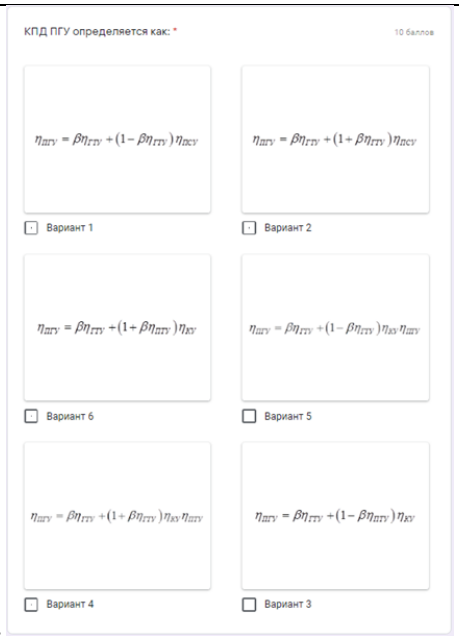
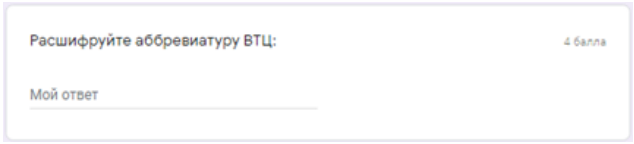
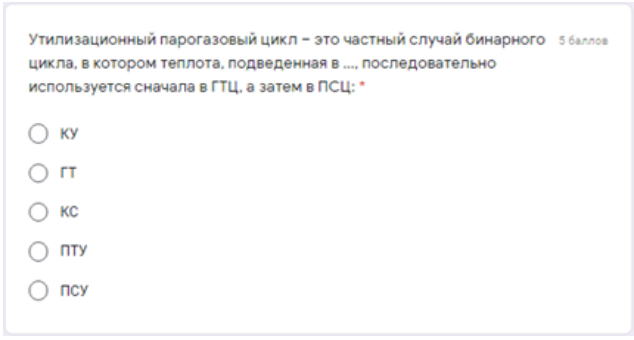
Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: тенденции развития парогазовых технологий в отечественной и зарубежной энергетике	1.  2. 

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	3. Температура конденсата на входе в ГПК КУ при работе ГТУ на ... выбирается в пределах ...°С. 4 балла 35...50 / 60...65 / 110...120 / 140...160 / 200...250 дизельном топливе ○ ○ ○ ○ ○ природном газе ○ ○ ○ ○ ○
	4. Запишите уравнение теплового баланса испарительной части КУ, используя его тепловую диаграмму: * 8 баллов Добавить файл
	5. Парогазовыми называются энергетические установки, в которых теплота отработавших в ГТУ газов прямо или косвенно используется для выработки электроэнергии или электроэнергии и тепла в ... * 5 баллов ○ ПН ○ ПТ ○ КУ ○ ПСУ ○ ППУ
	6. Температурный напор в «пинч-точке» выбирается равным ...°С. * 5 баллов ○ 20...30 ○ 10...15 ○ 40...50 ○ 30...40 ○ 15...20 ○ 5..10
	7. КПД ... составляет ...%. 4 балла 25...30 / 30...38 / 34...40 / 45...60 / 75...85 ПГУ ○ ○ ○ ○ ○ КУ ○ ○ ○ ○ ○ ПСУ ПГУ ○ ○ ○ ○ ○ ГТУ ○ ○ ○ ○ ○

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	8. Теплосиловой цикл ПГУ с дожиганием выглядит так, как изображено на рисунке: * 5 баллов  Вариант 1  Вариант 4  Вариант 2  Вариант 3 9. Соотношение Gп/Gг (расходов рабочих тел ГТУ и ПСУ) утилизационной ПГУ составляет: * 5 баллов ≈0,5 ≈1 0,3...0,4 0,1...0,2 0,4...0,5 0,2...0,3 10. Температурный напор на входе газов в КУ выбирается равным ...°С. * 5 баллов 70..100 5..10 10...15 50...70 100...120 20...50 11. Соотношение Nгту/Nпсу (мощностей ГТУ и ПСУ) утилизационной ПГУ составляет * 5 баллов 0,25...0,3 ≈0,5 0,6...0,75 ≈1 ≈1,5 1,65...1,7 ≈2

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: теоретические основы работы комбинированных установок	1. Комбинированный цикл – это последовательность простых циклов, реализуемых: * (5 баллов) ○ на одинаковых рабочих телах и в различных температурных зонах ○ на различных рабочих телах в одной температурной зоне ○ на одном рабочем теле в различных температурных зонах ○ на различных рабочих телах и в различных температурных зонах 2. Степень бинарности показывает долю тепловой мощности, подведенной в: * (5 баллов) ○ ВТЦ и СТЦ ○ ВТЦ ○ СТЦ ○ НТЦ ○ ВТЦ и НТЦ ○ СТЦ и НТЦ 3. Степень бинарности для ПГУ ... составляет .... (7 баллов) 0 / 1 / 0 < β < 1 / 0 < β ≤ 1 / 0 ≤ β ≤ 1 / 0 < β < ∞ / 0 ≤ β < ∞ с газопаровой турбиной с низконапорным парогенератором утилизационного типа с вытеснением регенерации с высоконапорным парогенератором с дожиганием с параллельной схемой 4. Степень бинарности ПГУ меняется в пределах: * (5 баллов) ○ 0 ≤ β < 1 ○ 0 ≤ β ≤ 1 ○ 0 < β ≤ 1 ○ 1 < β < ∞ ○ 0 < β < ∞ ○ 0 < β < 1 ○ 0 ≤ β < ∞ ○ 1 ≤ β < ∞

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	5.  6.  7. 

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 90 баллов.

Оценка: 4 («хорошо»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 75 баллов.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 60 баллов.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано менее 60 баллов.

КМ-2. Выполнение пп. 1-2 расчетного задания «Расчет тепловой схемы парогазовой установки»

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 25
Процедура проведения контрольного мероприятия: Обучающемуся выдается индивидуальное задание не позднее 4 недели. Срок выполнения пп. 1-2 расчетного задания - до 8 недели. Оценивается правильность выполнения пунктов в установленные сроки. При выполнении расчетного задания для определения теплофизических свойств водяного пара используется программа WaterSteamPro.

Краткое содержание задания:

Задание: рассчитать принципиальную тепловую схему одноконтурной ПГУ, предварительно выбрав опорных значений расчетной схемы, определяемых либо надежностью, либо термодинамическими условиями.

Дано:

1. Принципиальная тепловая схема ПГУ, выполненной по схеме дубль-блока, показана на рис. 1.
2. Характеристики ГТУ – по номеру студента в учебном журнале (табл. 1).
3. Температура наружного воздуха tн.в=_____°С.
4. Режим работы КУ: _____.
5. Температурный график теплосети представлен на рис. 2.

Остальными величинами необходимо обоснованно задаваться в процессе выполнения расчета.

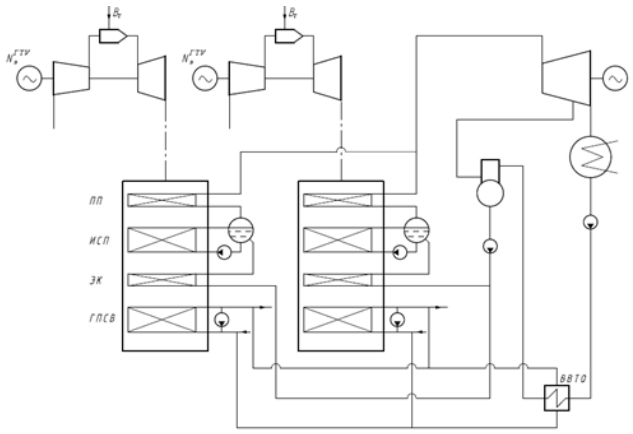


Figure 1 Рис. 1. Принципиальная тепловая схема ПГУ

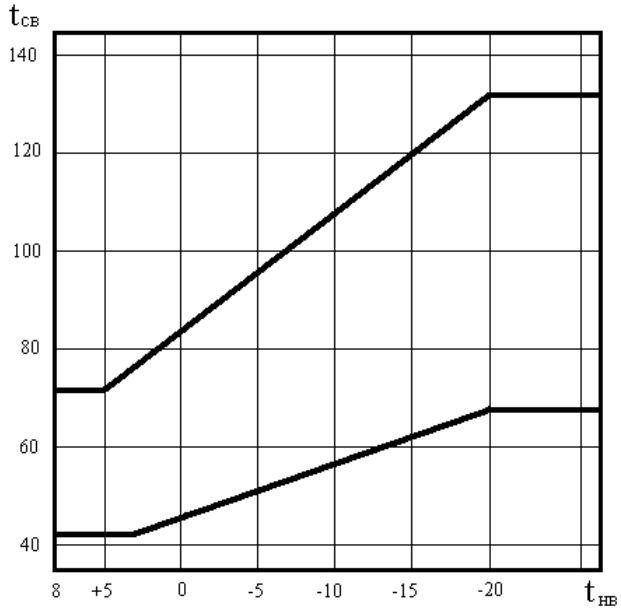


Figure 2 Рис. 2. Температурный график теплосети (для г. Москвы)

Табл. 1. Основные характеристики энергетических ГТУ

№ п/п	Модель (фирма)	Электрическая мощность Nэ, МВт	Электрический КПД ηэгту, %	Степень сжатия ε	Расход газов Gг, кг/с	Температура на входе/выходе газовой турбины tc/td, °C
1	V64.3 A (Siemens)	67	36,8	15,8	191,0	1315/589
…	…	…	…	…	…	…/…
N	…	…	…	…	…	…/…

Краткие методические указания.

1. При расчете характеристик КУ принять, что энтальпия и температура газов связаны соотношением I = θ·cрг, в котором cрг = _____ кДж/(кг·К) – теплоемкость газов, не зависящая от температуры.
2. При проведении расчетов учитывать гидравлическое сопротивление поверхностей пароперегревателей, включая паропроводы.
3. Повышением температуры и энтальпии в насосах пренебречь.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: влияние различных факторов на технико-экономические показатели парогазовых установок	1.Недостающими величинами необходимо обоснованно задаваться в процессе выполнения расчета.
Уметь: рассчитывать тепловые процессы в элементах парогазовых установок	1.1. Определить параметры пара и воды по всему тракту (давление, температуры/влажность, энтальпии и расходы). 2.2. Рассчитать тепловые мощности всех теплообменных поверхностей КУ, осуществляющих передачу теплоты от греющих газов к рабочему телу (пару или воде).

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)
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 («хорошо»)
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.

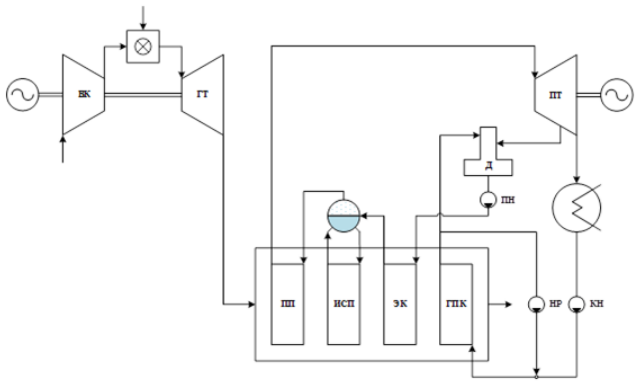
Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если пункты сделаны полностью верно с опозданием более чем на 2 недели или более чем со второй попытки.

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

КМ-3. Контрольная работа «Расчет технико-экономических показателей одноконтурной ПГУ-У»

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 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 справочни-ку "Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара").

Краткое содержание задания:
Рассчитать тепловую схему комбинированной установки с котлом-утилизатором (см. схему), выполненной в конфигурации 3ГТУ+1КУ+1ПТУ.



ГТУ имеет следующие характеристики: электрическая мощность $N_{эГТУ}$=179 МВт, расход уходящих газов $G_г$=391 кг/с, температура газов на выходе θ_d=630°С, электрический КПД ГТУ $\eta_{эГТУ}$=37,5%.
Давление в конденсаторе $p_к$ = 5 кПа. Температура конденсата на входе в ГПК КУ $t_{пв}$=75°С. Недогрев конденсата в ГПК до температуры насыщения в деаэраторе $\Delta t_д$=10°С. Давление в деаэраторе $p_д$=110 кПа.

Давлением пара, генерируемого КУ, температурными напорами на входе газов в котел-утилизатор $\delta t0$ и в пинч-точке $\delta tэк$, а также КПД агрегатов, входящих в схему, задаться самостоятельно.
Расчет котла-утилизатора проводить при условии, что теплоемкость газов не зависит от температуры и равна $ср_г$=1,16 кДж/(кг×К).
Температура наружного воздуха $t_{н.в}$=15°С.
Недогревом питательной воды в экономайзере до температуры насыщения, нагревом воды в насосах и гидравлическими сопротивлениями тракта котла-утилизатора пренебречь.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: влияние различных факторов на технико-экономические показатели парогазовых установок	1.Давлением пара, генерируемого КУ, температурными напорами на входе газов в котел-утилизатор $\delta t0$ и в пинч-точке $\delta tэк$, а также КПД агрегатов, входящих в схему, задаться самостоятельно.
Уметь: рассчитывать тепловые процессы в элементах парогазовых установок	1.Определить параметры пара и воды по всему тракту ПСУ (давления, температуры, влажность, энтальпии и расходы).
Уметь: определять технико-экономические показатели парогазовых установок	1.Определить абсолютные электрические КПД ПТУ, ПСУ и ПГУ, а также удельный расход условного топлива.
Уметь: рассчитывать тепловую схему парогазовой установки	1.Рассчитать тепловую мощность и КПД котла-утилизатора. 2.Рассчитать электрическую мощность ПТУ и ПГУ в целом.

Описание шкалы оценивания:

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

Оценка: 4 («хорошо»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задача решена в целом верно, но присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем на 10%; не у всех величин указана размерность.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
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 20%.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
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 20%.

КМ-4. Выполнение пп. 3-5 расчетного задания «Расчет тепловой схемы парогазовой установки»

Формы реализации: Проверка задания
Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 15
Процедура проведения контрольного мероприятия: Срок выполнения пп. 3-5 расчетного задания - до 12 недели. Оценивается правильность выполнения пунктов в установленные сроки. При выполнении расчетного задания для определения теплофизических свойств водяного пара используется программа WaterSteamPro.

Краткое содержание задания:
Приведено в КМ-2.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: определять технико-экономические показатели парогазовых установок	1.4б. Определить КПД котла утилизатора, паросиловой установки и парогазовой установки 2.5. Провести анализ полученных основных технико-экономических показателей ПГУ и сделать выводы по работе.
Уметь: рассчитывать тепловую схему парогазовой установки	1.3а. Построить тепловую диаграмму котла утилизатора. 2.3б. Построить h,s-диаграмму процесса расширения в паровой турбине. 3.3в. Определить внутренние мощности отсеков паровой турбины. 4.4а. Рассчитать электрическую мощность на зажимах генератора паровой турбины и электрическую мощность ПГУ.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)
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 («хорошо»)
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 («удовлетворительно»)
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 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в расчете присутствуют ошибки, влияющие на последующие расчеты в каком-либо из пунктов.

КМ-5. Защита расчетного задания «Расчет тепловой схемы парогазовой установки»

Формы реализации: Защита задания
Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа
Вес контрольного мероприятия в БРС: 25
Процедура проведения контрольного мероприятия: К защите расчетного задания допускаются обучающиеся, полностью верно выполнившие расчетное задание и предоставившие тепловую диаграмму котла-утилизатора и h,s-диаграмму процесса расширения в паровой турбине. Время опроса - не более 15 мин.

Краткое содержание задания:
На защите обучающемуся задаются теоретические и практические вопросы по выполненному расчетному заданию.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: устройство, схемы и принципы работы комбинированных установок	1.Какие элементы включает в себя одноконтурная ПГУ? Назовите назначения этих элементов. 2.Назовите назначения основных элементов котла-утилизатора. 3.Назовите области использования, преимущества и недостатки ПГУ с нагревом питательной воды выхлопными газами ГТУ. 4.Назовите основные отличия паровых турбин ПГУ от традиционных паровых турбин ПТУ. 5.Как классифицируются ПГУ по числу контуров генерации пара? 6.Каковы особенности получения горячей сетевой воды на ПГУ-ТЭЦ?
Знать: влияние различных факторов на технико-экономические показатели парогазовых установок	1.Почему ПГУ с дожиганием имеет меньшую экономичность, чем утилизационная ПГУ (при использовании одинаковых ГТУ)? 2.Почему в котел-утилизатор ПГУ, работающей на природном газе, нельзя подавать конденсат с температурой ниже 60 °С? Какова должна быть эта температура при работе на дизельном топливе? 3.Что такое пинч-точки и из каких соображений в них выбираются температурные напоры?
Знать: основы проектирования и методику конструкторского расчета тепловой схемы парогазовой установки утилизационного типа	1.Изложите последовательность расчета тепловой схемы ПГУ. 2.Перечислите исходные данные, которые необходимо иметь для расчета тепловой схемы утилизационной ПГУ. 3.Запишите соотношения для определения экономических показателей одноконтурной ПГУ, считая известными экономические показатели ГТУ, КПД котла-утилизатора и внутреннюю мощность паровой турбины. 4.С какой целью строится тепловая диаграмма для

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	КУ? 5.Назовите параметры рабочих тел, которые определяются при расчете КУ.
Уметь: рассчитывать тепловые процессы в элементах парогазовых установок	1.Запишите уравнение теплового баланса для деаэратора. 2.Для каких элементов котельной установки формулируются уравнения теплового баланса, и какие параметры из них определяются?
Уметь: объяснять физические принципы работы парогазовых установок	1.Почему в ПГУ число контуров генерации пара не превышает трех? 2.Почему, несмотря на невысокий КПД ПТУ утилизационной ПГУ, КПД последней является достаточно большим? 3.Почему из ПГУ всех типов утилизационная является самой экономичной? 4.Почему многовальные ПГУ всегда строят только с одной паровой турбиной? 5.Назовите и обоснуйте основные особенности паротурбинного цикла утилизационной ПГУ.
Уметь: анализировать влияние различных факторов на технико-экономические показатели парогазовых установок	1.Можно ли при выбранной ГТУ, т.е. известных расходе и температуре выхлопных газов, и выбранных начальных параметрах пара получить любую температуру уходящих газов КУ? 2.Какие параметры в исходных данных следует изменить, если при расчете тепловой схемы влажность за последней ступенью оказалась недопустимой? 3.Какие факторы определяют выбор начальной температуры пара в утилизационной ПГУ?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов.

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

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

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

КМ-6. Тест «Типы парогазовых установок. Парогазовые технологии для модернизации ТЭС»

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Тестирование
Вес контрольного мероприятия в БРС: 10
Процедура проведения контрольного мероприятия: Время выполнения – не более 20 минут.

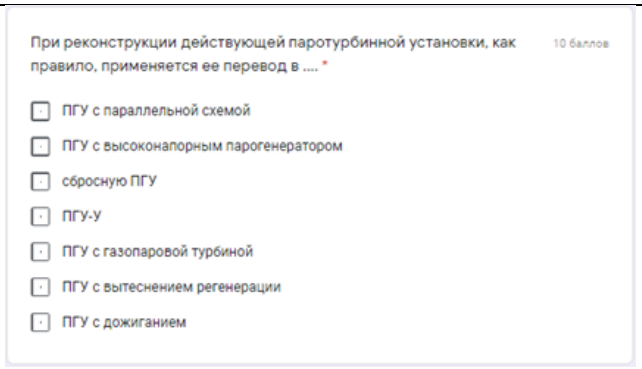
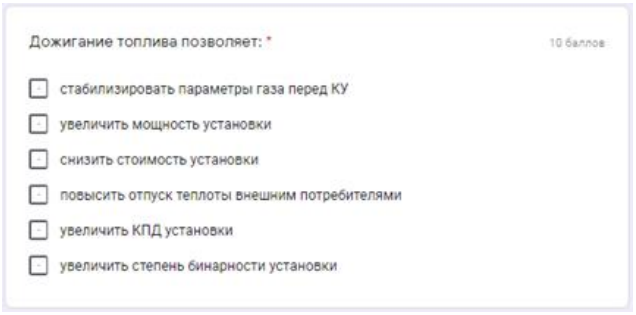
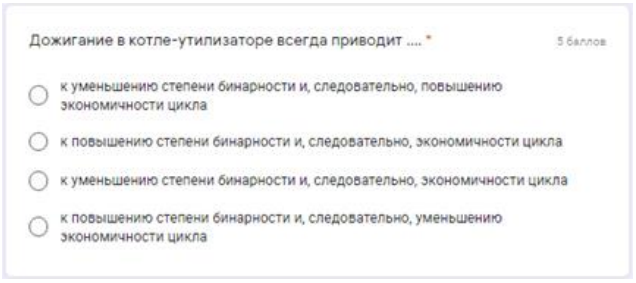
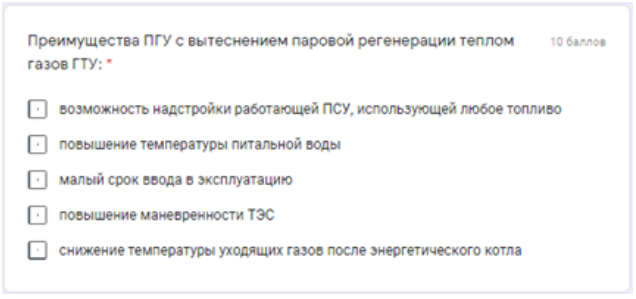
Краткое содержание задания:

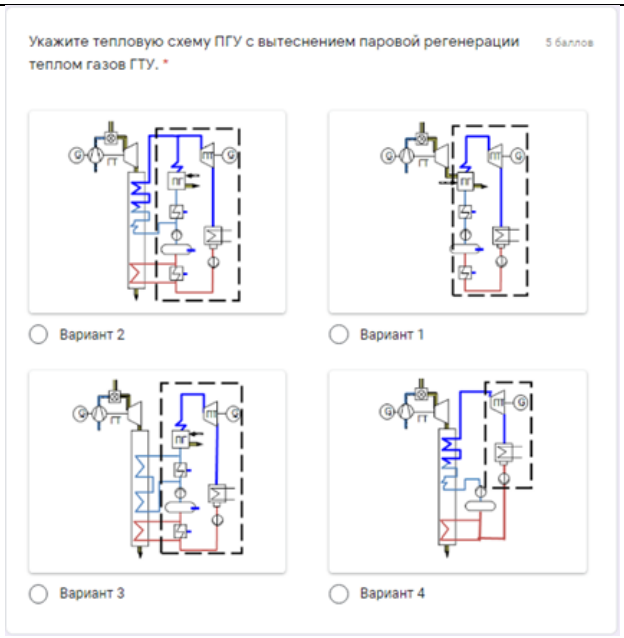
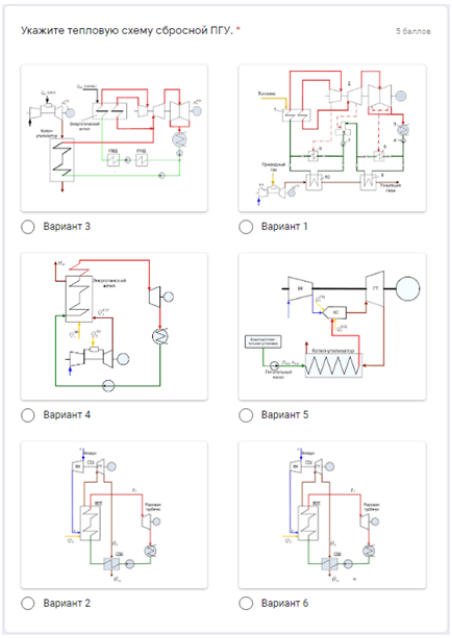
Тест состоит из 13 вопросов.

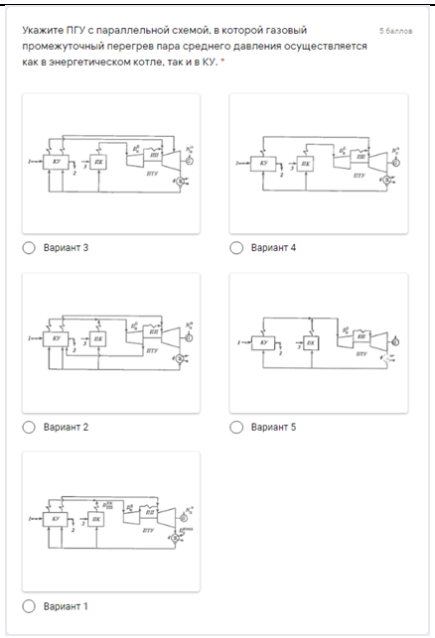
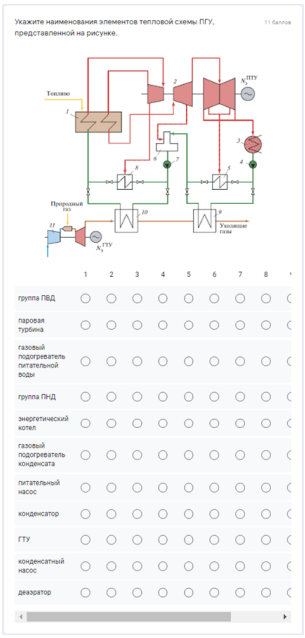
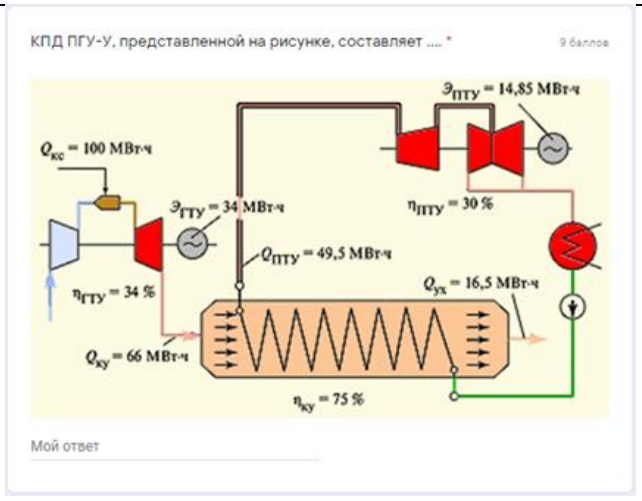
Максимальное количество баллов за все правильно выполненные тестовые задания – 100.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: типы парогазовых установок и их основные характеристики	1. В сбросной ПГУ отпадает необходимость в .... * 5 баллов ○ регенеративных подогревателях ○ деаэраторе и конденсаторе ○ дутьевых вентиляторах и воздухоподогревателях ○ регенеративных подогревателях, включая деаэратор, и конденсаторе ○ воздушных вентиляторах, дымососах и насосах 2. При переходе к ПГУ с вытеснением регенерации отключение регенеративной системы ведет к: * 10 баллов ☐ снижению расхода пара в конденсатор ☐ учеличению температуры питательной воды ☐ снижению экономичности ПСУ ☐ повышению экономичности ГТУ ☐ увеличению мощности паровой турбины ☐ увеличению мощности газовой турбины 3. Степень бинарности меньше 1 для следующих типов ПГУ: * 10 баллов ☐ с газопаровой турбиной ☐ с вытеснением регенерации ☐ с высоконапорным парогенератором ☐ сбросной ☐ с параллельной схемой ☐ утилизационной ☐ с дожиганием 4. При переходе к ПГУ с параллельной схемой, как правило, требуется поддерживать .... * 5 баллов ○ неизменным расход топлива в камеру сгорания ○ неизменным расход топлива в энергетический котел ○ неизменным расход пара через последнюю ступень ЦНД ○ неизменным расход пара через последнюю ступень ЦВД ○ неизменной начальную температуру перед газовой турбиной ○ неизменным расход пара через турбину

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	5.  6.  7.  8. 

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: устройство, схемы и принципы работы комбинированных установок	1.  2. 

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	3. 
	4. 
Уметь: определять технико-экономические показатели парогазовых установок	1. 

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 90 баллов.

Оценка: 4 («хорошо»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 75 баллов.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано не менее 60 баллов.

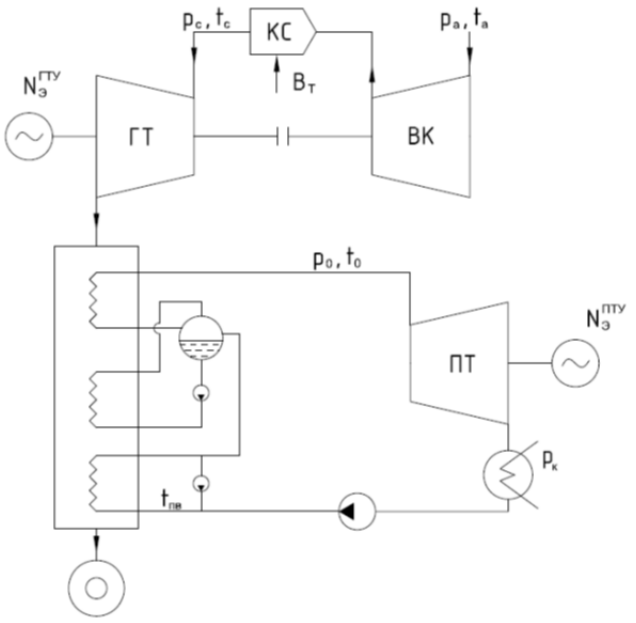
Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если набрано менее 60 баллов.

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 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</td></tr>
<tr><td></td><td>Дисциплина «Парогазовые установки»</td></tr>
<tr><td>Институт ЭнМИ</td><td>20XX г.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Рассчитать тепловую схему комбинированной установки с котлом-утилизатором (см. схему) по следующим исходным данным.
ГТУ с параметрами воздуха на входе ta=-15°С и pa=0,103 МПа, степенью сжатия ε=14, мощностью NэГТУ=150 МВт, температурой на входе в газовую турбину tc=1200°С. Потери давления в фильтре компрессора Δpф=1 кПа, за газовой турбиной Δpd=2 кПа; остальными гидравлическими сопротивлениями пренебречь.
Температура уходящих газов за котлом-утилизатором tух=165°С, температурный напор на входе газа в котел-утилизатор δt0=50°С, на выходе питательной воды из экономайзера δtэк=8°С. Давление в конденсаторе pк=5,5 кПа. Температура питательной воды на входе в котел-утилизатор tпв=60°С. При расчете ГТУ и котла-утилизатора принять теплоемкости воздуха срв=1 кДж/(кг×К) и газов срг=1,2 кДж/(кг×К), не зависящими от температуры.
КПД агрегатов, входящих в схему, задаться самостоятельно.
Определить:
1. Параметры рабочего тела: перед и за ВК, перед и за ГТ, на выходе из котла-утилизатора.
2. Параметры пара(воды): перед и за ПТ, в конденсаторе и перед котлом-утилизатором.
3. Расходы воздуха, газа и топлива в ГТУ, расход пара в ПТУ, электрические мощности ПТУ и ПГУ.
4. КПД ГТУ, ПТУ, ПСУ и комбинированной установки, а также ее удельный расход условного топлива.
 
</td></tr>
</table>

Процедура проведения

Экзамен проводится в письменной форме по билетам согласно программе экзамена. Экзаменационный билет включает одну практическую задачу.
Продолжительность письменного экзамена – не более 90 минут.
Для решения практической 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").

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 ВК, перед и за ГТ, на выходе из котла-утилизатора.
2.Определить параметры пара(воды): перед и за ПТ, в конденсаторе и перед котлом-утилизатором.

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.Построить *Q,t*-диаграмму котла-утилизатора и *h,s*-диаграмму процесса расширения в паровой турбине.

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-3$_{РПК-2}$ Выполняет комплекс расчетов элементов объектов профессиональной деятельности

Вопросы, задания

1.Рассчитать расходы воздуха, газа и топлива в ГТУ, расход пара в ПТУ, электрические мощности ПТУ и ПГУ.
2.Определить КПД ГТУ, ПТУ, ПСУ и комбинированной установки, а также ее удельный расход условного топлива.

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

Оценка: 4 («хорошо»)
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задача решена в целом верно, но присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем на 10%; не у всех величин указана размерность.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)
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 20%.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)
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 20%.

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.