

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Переменные режимы ГТУ**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ремчуков С.С.
	Идентификатор	Rf7397161-RemchukovSS-d716397

С.С. Ремчуков

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. ПК-2 Способен к проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения

ИД-2 Демонстрирует понимание влияния отдельных факторов на работу и конструкцию объекта профессиональной деятельности

ИД-3 Принимает обоснованные технические решения при проектировании объекта профессиональной деятельности с учетом обеспечения надежности и эффективности

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Защита задания

1. Защита типового расчета "Расчет характеристики осевого компрессора и простой одновальной, энергетической ГТУ" (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Основные критерии подбора, характеристики турбин, определение характеристики турбины (Тестирование)

2. Характеристики компрессора, характеристики элементов ГТУ, совместная работа элементов ГТУ (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Характеристика компрессора (Контрольная работа)

2. Характеристики турбины (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Выполнение типового расчета "Расчет характеристики осевого компрессора и простой одновальной, энергетической ГТУ" (Расчетно-графическая работа)

БРС дисциплины

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Основные критерии подбора, характеристики турбин, определение характеристики турбины (Тестирование)

КМ-2 Характеристики турбины (Контрольная работа)

КМ-3 Характеристики компрессора, характеристики элементов ГТУ, совместная работа элементов ГТУ (Тестирование)

КМ-4 Характеристика компрессора (Контрольная работа)

КМ-5 Выполнение типового расчета "Расчет характеристики осевого компрессора и простой

одновальной, энергетической ГТУ" (Расчетно-графическая работа)
 КМ-6 Защита типового расчете "Расчет характеристики осевого компрессора и простой
 одновальной, энергетической ГТУ" (Расчетно-графическая работа)

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	8	12	14	15	16
Характеристики основных элементов, входящих в состав ГТУ							
Характеристики основных элементов, входящих в состав ГТУ		+	+	+	+	+	+
Определение условий совместности работы основных элементов ГТУ							
Определение условий совместности работы основных элементов ГТУ		+		+		+	+
Качественный анализ характеристик ГТУ различных конструктивных схем на частичных режимах работы							
Качественный анализ характеристик ГТУ различных конструктивных схем на частичных режимах работы					+		+
Влияния изменения геометрии проточных частей турбины и компрессора							
Влияния изменения геометрии проточных частей турбины и компрессора							+
Влияние охлаждения							
Влияние охлаждения							+
Вес КМ:		10	20	10	20	10	30

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-2ПК-2 Демонстрирует понимание влияния отдельных факторов на работу и конструкцию объекта профессиональной деятельности	Знать: основные характеристики элементов и самой ГТУ методики расчета характеристик основных элементов и самой ГТУ в целом с определением их интегральных характеристик и надежности всех элементов при переменных режимах работы Уметь: проводить анализ характеристик ГТУ на частичных режимах работы	КМ-1 Основные критерии подбора, характеристики турбин, определение характеристики турбины (Тестирование) КМ-3 Характеристики компрессора, характеристики элементов ГТУ, совместная работа элементов ГТУ (Тестирование) КМ-4 Характеристика компрессора (Контрольная работа) КМ-6 Защита типового расчёте "Расчет характеристики осевого компрессора и простой одновальной, энергетической ГТУ" (Расчетно-графическая работа)
ПК-2	ИД-3ПК-2 Принимает обоснованные технические решения при проектировании объекта профессиональной деятельности с учетом обеспечения надежности и эффективности	Знать: методы оптимизации параметров газотурбинных установок и их отдельных элементов Уметь: использовать алгоритмы расчета характеристик	КМ-2 Характеристики турбины (Контрольная работа) КМ-4 Характеристика компрессора (Контрольная работа) КМ-5 Выполнение типового расчёте "Расчет характеристики осевого компрессора и простой одновальной, энергетической ГТУ" (Расчетно-графическая работа) КМ-6 Защита типового расчёте "Расчет характеристики осевого компрессора и простой одновальной, энергетической ГТУ" (Расчетно-графическая работа)

		основных элементов и самой ГТУ рассчитывать и строить характеристики компрессора рассчитывать и строить характеристики турбины	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Основные критерии подобия, характеристики турбин, определение характеристики турбины

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Время выполнения - не более 20 минут.

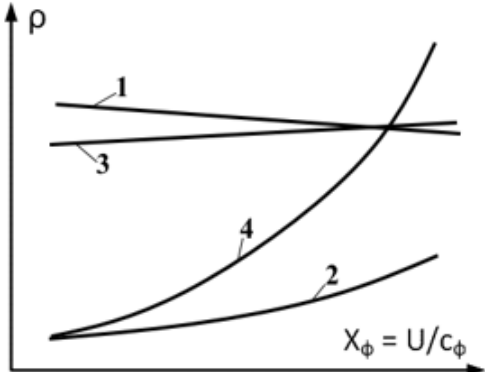
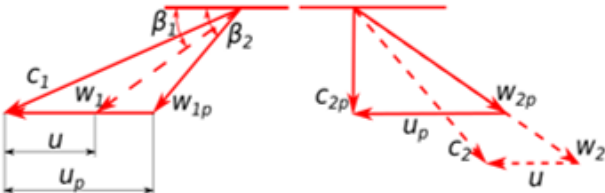
Краткое содержание задания:

Тест состоит из 20 вопросов.

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

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методики расчета характеристик основных элементов и самой ГТУ в целом с определением их интегральных характеристик и надежности всех элементов при переменных режимах работы	Уравнение Стодола-<u>Флюгеля</u> для определения характеристики ГТУ: $1) \bar{G}_{np} = \sqrt{\frac{1-\delta_0^{-2}}{1-\delta^{-2}}}$ $2) \bar{G}_{np} = \sqrt{\frac{1-\delta^{-2}}{1-\delta_0^{-2}}}$ $3) \bar{G}_{np} = \sqrt{\frac{1-\delta_0^2}{1-\delta^2}}$ $4) \bar{G}_{np} = \sqrt{\frac{\delta_0^{-2}-\delta_{кр0}^{-2}}{\delta^{-2}-\delta_{кр}^{-2}}}$ 1.
Знать: основные характеристики элементов и самой ГТУ	1. Как называются режимы, зависящие от времени? 1) Переменный режим 2) Подобный режим 3) Переходный режим 4) Номинальный режим 2. В каком случае обеспечивается динамическое подобие? 1) Если по тракту проточной части турбины подобны поля всех одноименных физических величин 2) Если соответствуют все размеры сравниваемых турбин 3) Если геометрически подобны линии тока как в абсолютном, так и в относительном движении. 4) Если в сходственных точках соблюдается равенство показателя изоэнтропы

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	Какая из кривых соответствует реактивной ступени  3. 4. Какой из перечисленных подходов для определения характеристики эффективности является наиболее точным, но при этом наиболее громоздким: 1) По ступенчатый расчет проточной части. 2) Изменение коэффициента полезного действия турбины соответствует аналогичному изменению КПД некой средней ступени турбины, но в зависимости от режима работы. 3) Основан на использование результатов испытаний и эксплуатации турбин. Данный треугольник скоростей соответствует изменению 1) Уменьшению n 2) Увеличению n 3) Уменьшению T_0 4) Увеличению T_0 5. 

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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

Оценка: 4 («хорошо»)

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-2. Характеристики турбины

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.

Краткое содержание задания:

В одноступенчатой воздушной турбине выросло давление от $p_0 = 7$ бар до 10 бар, давление за ступенью не изменилось $p_2 = 4$ бар. Температура на входе в ступень $T_0 = 390$, расход воздуха на исходном режиме $G_0 = 40$ кг/с, степень реактивности ступени $\rho = 0,34$, $n = 50$ Гц. Принять что потери в ступени равны 0. Геометрические параметры ступени: $\alpha_1 = 20^\circ$, $d_{cp} = 1,1$ м, $l_1 = 0.03$ м, $\beta_2 = 25^\circ$, $l_2 = 0.031$ м, $d_k = \text{const}$.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: рассчитывать и строить характеристики турбины	1.Определить треугольники скоростей для обоих режимов (схематично изобразить треугольники скоростей). 2.Определить параметры воздуха за сопловой решеткой и за рабочей решеткой для обоих режимов.

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: 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 («удовлетворительно»)

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 («неудовлетворительно»)

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. Характеристики компрессора, характеристики элементов ГТУ, совместная работа элементов ГТУ

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

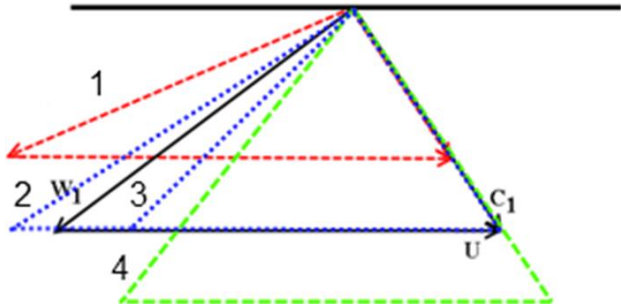
Процедура проведения контрольного мероприятия: Время выполнения - не более 30 минут.

Краткое содержание задания:

Тест состоит из 30 вопросов.

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

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методики расчета характеристик основных элементов и самой ГТУ в целом с определением их интегральных характеристик и надежности всех элементов при переменных режимах работы	1.Какое количество независимых параметров в ГТУ с охладителем: 1) 12 2) 4 3) 6 4) 5
Знать: основные характеристики элементов и самой ГТУ	1.По какой причине срыв возникает на одной лопатке из-за: 1) различного поворота лопаток 2) производственных отклонений в геометрии отдельных лопаток и всегда имеющийся асимметрии течения 3) различия распределения работы по ступеням 4) отклонений параметров на входе в компрессор 2.С чем связано возникновение границы записания по выходу: 1) С отрывом потока на спинке и его развитием с дальнейшим изменением режима 2) С отрывом потока на вогнутой стороне и его развитием с дальнейшим изменением режима 3) С достижением критической частоты вращения 4) С достижением критической скорости в горле решетки 3.Какому треугольнику соответствует увеличение расхода в ступени компрессора, если сплошной линией обозначен номинальный режим. 

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	4. Какие параметры компрессора достаточно измерить для определения мощности: 1) Давление и температуру полного торможения на входе и выходе 2) Статическую температуру и давление на входе и выходе 3) Давление и температуру полного торможения на входе и выходе. И статическое давление и температуру на входе 4) Давление и температуру полного торможения на входе и выходе. И статическое давление на входе 5. Какая доля потерь давления для регенератора оказывает большее влияние: 1) Нагрев 2) Трение 3) Гидравлические потери 4) Локальные коэффициенты сопротивления

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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

Оценка: 4 («хорошо»)

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-4. Характеристика компрессора

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

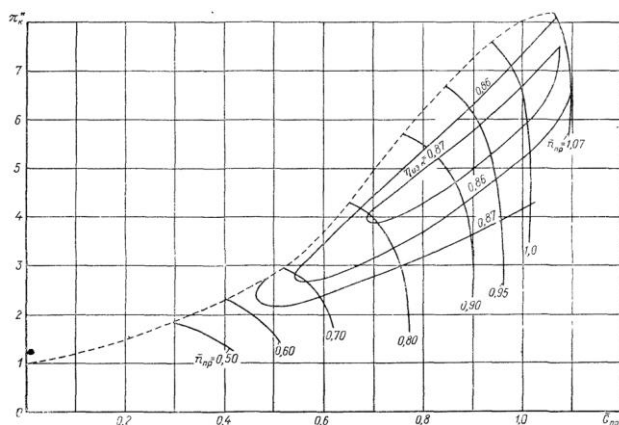
Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа содержит три задачи. Время выполнения - не более 90 минут.

Краткое содержание задания:

Определить, как изменится КПД простой одновальной ГТУ, если частота вращения вырастет до 73 Гц и температура перед турбиной снизится до 900 К.

Термодинамическими параметрами задаться самостоятельно. Известны: $T_{c0} = 1200 \text{ К}$; $p_d = \text{const}$; $\lambda = \lambda_0 = 1$; $G_t = G_k$; $T_a = 35 \text{ С} = \text{const}$; $\eta_t = 0,9$; $\eta_m = 0,98 = \text{const}$; $n_0 = 4100 \text{ об/мин}$.

Дана характеристика компрессора:



Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: проводить анализ характеристик ГТУ на частичных режимах работы	1.Найти как при этом изменится мощность установки.
Уметь: рассчитывать и строить характеристики компрессора	1.Определить режимную точку на характеристике компрессора.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если решены полностью и верно 2 задачи из 3-х.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если решена полностью и верно 1 задача из 3-х.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если нет правильно решенных задач.

КМ-5. Выполнение типового расчета "Расчет характеристики осевого компрессора и простой одновальной, энергетической ГТУ"

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Задание на типовой расчет выдается не позднее 6 недели. Срок выполнения типового расчета - до 14 недели. Оценивается правильность выполнения в установленные сроки.

Краткое содержание задания:

Исходные данные (представлены в таблице 1):

Степень сжатия на номинальном режиме $\pi_{k0} =$; $t_a =$ °С;

КПД компрессора на номинальном режиме $\eta_{k0} =$;

температура перед турбиной $T_c =$ °С;

Электрическая мощность ГТУ $N_{\text{ГТУ0}} =$ МВт;
 Давление перед компрессором $p_a =$ бар;
 КПД турбины на номинальном режиме $\eta_{t0} =$.

Объем задания:

1. Построить характеристику для изодром $n_{\text{пр}} = 1,0; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6$
2. Определить границу помпажа компрессора.
3. Построить линии постоянства КПД компрессора на характеристике.
4. Построить зависимости КПД ГТУ от мощности для номинального значения параметров воздуха на входе.
5. Построить зависимости мощности ГТУ от температуры газов перед газовой турбиной. При 3-х значениях $T_a = T_{a0}-10$; $T_a = T_{a0}$; $T_a = T_{a0}+10$.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: использовать алгоритмы расчета характеристик основных элементов и самой ГТУ	1. На основании методики ВТИ построить характеристику компрессора.
Уметь: рассчитывать и строить характеристики компрессора	1. Определить границу помпажа компрессора.

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 или расчет не соответствует заданию.

КМ-6. Защита типового расчета "Расчет характеристики осевого компрессора и простой одновальной, энергетической ГТУ"

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: К защите типового расчета допускаются обучающиеся, правильно выполнившие типовой расчет. Время опроса - не более 7 мин.

Краткое содержание задания:

На защите обучающемуся задаются теоретические и практические вопросы по выполненному типовому расчету.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методики расчета характеристик основных элементов и самой ГТУ в целом с определением их интегральных характеристик и надежности всех элементов при переменных режимах работы	1. На основании чего основана методика построена характеристика компрессора.
Знать: методы оптимизации параметров газотурбинных установок и их отдельных элементов	1. Изобразите схему регулируемого соплового аппарата. 2. Изобразите схему поворотного входного направляющего аппарата. 3. Каково влияние влияния на характеристику турбины регулируемого соплового аппарата? 4. Каково влияние влияния на характеристику компрессора поворотного входного направляющего аппарата? 5. Как влияет охлаждение элементов проточной части газовой турбины на характеристики ГТУ?
Уметь: проводить анализ характеристик ГТУ на частичных режимах работы	1. Определить как изменится мощность простой одновальной ГТУ, если частота вращения упадет до 0,9 от номинального значения.

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»)

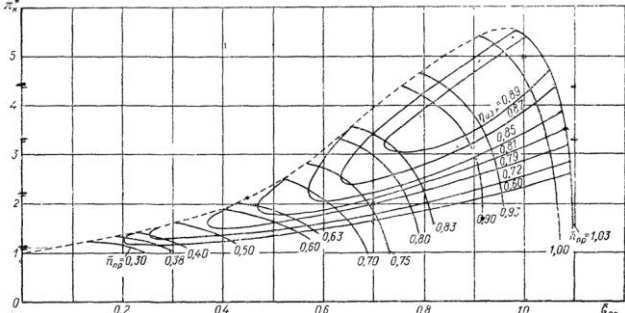
Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно даны ответы менее чем на половину вопросов.

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

МЭИ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № XX	Утверждаю
	Кафедра Паровых и газовых турбин	Зав. кафедрой
		Дисциплина Переменные режимы ГТУ
	Факультет ЭнМИ	20XX г.
1. Характеристики турбины. Понятие характеристик и их представление. 2. Влияние изменения геометрии проточной части компрессора на характеристики ГТУ. 3. Задача. Определить, как изменится КПД простой одновальной ГТУ, если частота вращения упадет до 50 Гц и температура перед турбиной снизится до 800 К. Характеристика компрессора дана. Термодинамическими параметрами задаться самостоятельно. $T_{c0} = 1100 \text{ К}$; $p_d = \text{const}$; $\lambda = \lambda_0 = 1$; $G_t = G_k$; $T_{a0} = 16,85 \text{ С} = \text{const}$; $\eta_t = 0,9$; $\eta_m = 0,98 = \text{const}$; $n_0 = 4000 \text{ об/мин}$.		
		

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 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-2ПК-2 Демонстрирует понимание влияния отдельных факторов на работу и конструкцию объекта профессиональной деятельности

Вопросы, задания

1.Примеры теоретических вопросов:

1. Характеристики турбины. Понятие характеристик и их представление.
2. Влияние РСА на характеристики турбины и одновальной энергетической ГТУ.
3. Приведенный расход и приведенная частота вращения турбины. Их соответствие критериям подобия.
4. Построение расходной характеристики турбины по характеристикам отдельных ступеней.
5. Характеристики компрессора. Их особенности.
6. Влияние изменения геометрии проточной части компрессора на характеристики ГТУ.
7. Совместное влияние РСА и поворотных направляющих аппаратов компрессора на характеристики одновальной ГТУ.
8. Построение характеристики турбины на поле характеристик компрессора.
9. Универсальные характеристики ГТУ.
10. Совместная работа элементов ГТУ.
11. Способы регулирования мощности ГТУ.
12. Качественный анализ характеристик одновальной ГТУ с постоянной и переменной частотой вращения.

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-ЗПК-2 Принимает обоснованные технические решения при проектировании объекта профессиональной деятельности с учетом обеспечения надежности и эффективности

Вопросы, задания

1. Примеры практических задач:

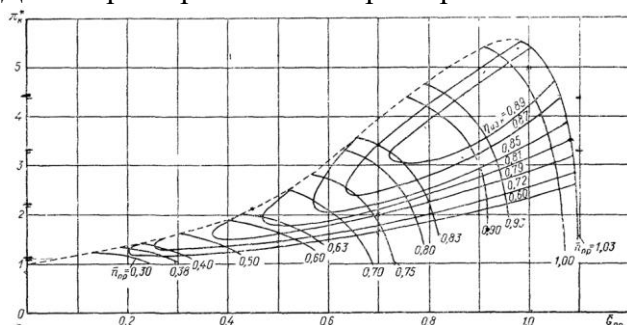
Задача №1

Определить, как изменится КПД простой одновальной ГТУ, если частота вращения упадет до 50 Гц и температура перед турбиной снизится до 800 К. Характеристика компрессора дана. Термодинамическими параметрами задаться самостоятельно.

$T_{c0} = 1100 \text{ К}$; $p_d = \text{const}$; $\lambda = \lambda_0 = 1$; $G_t = G_k$; $T_{a0} = 16,85 \text{ С} = \text{const}$; $\eta_t = 0,9$;

$\eta_m = 0,98 = \text{const}$; $n_0 = 4000 \text{ об/мин}$.

Дана характеристика компрессора:



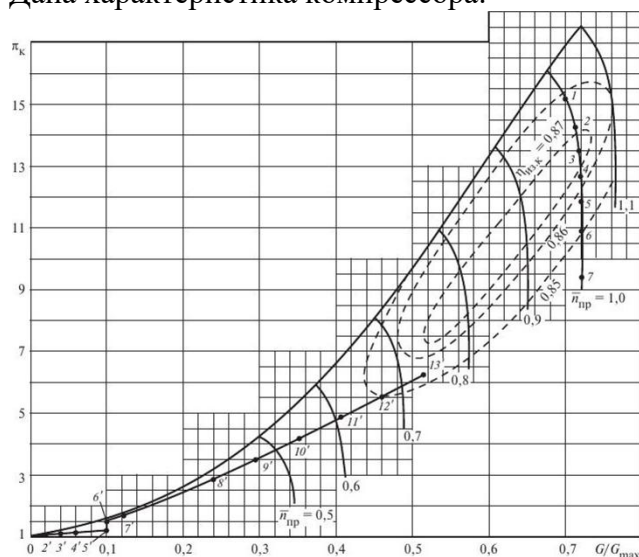
Задача №2

Определить во сколько раз изменились относительные потери давления в КС простой одновальной ГТУ, если давление упало до $0,7 p_{c0}$. Дано $\lambda_0 = 0,98$; $T_a = 288 \text{ К} = \text{const}$; $p_a = 1,01 \text{ бар} = \text{const}$; $p_d = \text{const}$; $T_{c0} = 1373 \text{ К} = \text{const}$; $\eta_k = 0,85$; $\eta_{k0} = 0,87$; $\pi_{k0} = 16$.

Задача №3

Определить как изменится мощность простой одновальной ГТУ, если частота вращения упадет до 0,9 от номинального значения и температура перед турбиной снизится до 800 К. Термодинамическими параметрами задаться самостоятельно. $T_{c0} = 1350 \text{ K}$; $p_d = \text{const}$; $\lambda = \lambda_0 = 1$; $G_t = G_k$; $T_a = 288 \text{ K} = \text{const}$; $\eta_t = 0,88$; $\eta_m = 0,98 = \text{const}$.

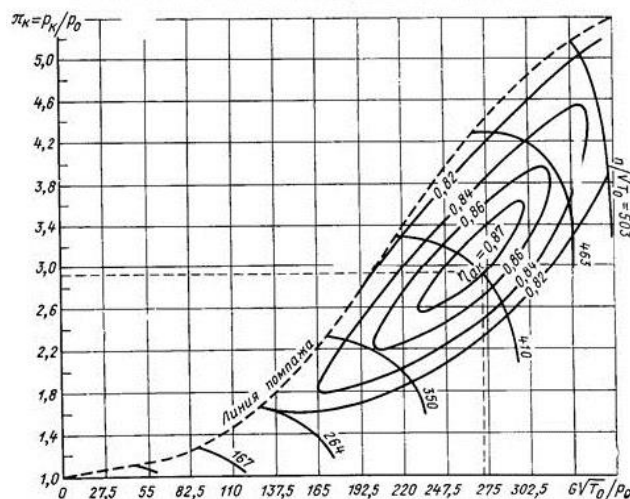
Дана характеристика компрессора:



Задача №4

Определить как изменится мощность простой одновальной энергетической ГТУ, если температура перед турбиной снизится до 1000 К. Термодинамическими параметрами задаться самостоятельно. $T_{c0} = 1350 \text{ K}$; $p_d = \text{const}$; $\lambda = \lambda_0 = 1$; $G_t = G_k$; $T_a = 288 \text{ K} = \text{const}$; $\eta_t = 0,88$; $\eta_m = 0,98 = \text{const}$

Дана характеристика компрессора:



Задача №5

Две одноступенчатые турбины работают при одинаковой начальной температуре газа и степени расширения. Степень реактивности первой ступени $p_{10} = 0$, второй $p_{10} = 0,5$. В какой из этих турбин расход газа изменится в большей степени и во сколько раз, если начальное давление $p_{c0} = 12$ упадет до $p_c = 8$. Давление за турбиной $p_{d0} = 4,1 = \text{const}$; показатель изэнтропы $k = 1,34$; степень реактивности при изменении режима не меняется.

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 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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

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 («неудовлетворительно»)

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.