

**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
Энергетические 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-1 Выполняет расчеты и разрабатывает конструкцию объекта профессиональной деятельности

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Защита задания

1. Защита типового расчета "Расчет радиального распределения кинематических параметров ступени осевого компрессора" (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Осевые воздушные компрессоры (Тестирование)
2. Осевые газовые турбины в составе ГТУ (Тестирование)

Форма реализации: Обмен электронными документами

1. Турбины ГТУ. Охлаждение деталей турбины ГТУ (Реферат)

Форма реализации: Письменная работа

1. Воздушные осевые компрессора (Контрольная работа)
2. Тепловые схемы и термодинамические циклы ГТУ (Проверочная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Выполнение типового расчета "Расчет радиального распределения кинематических параметров ступени осевого компрессора" (Расчетно-графическая работа)

БРС дисциплины

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тепловые схемы и термодинамические циклы ГТУ (Проверочная работа)
- КМ-2 Осевые воздушные компрессоры (Тестирование)
- КМ-3 Воздушные осевые компрессора (Контрольная работа)
- КМ-4 Осевые газовые турбины в составе ГТУ (Тестирование)
- КМ-5 Турбины ГТУ. Охлаждение деталей турбины ГТУ (Реферат)
- КМ-6 Выполнение типового расчета "Расчет радиального распределения кинематических параметров ступени осевого компрессора" (Расчетно-графическая работа)
- КМ-7 Защита типового расчета "Расчет радиального распределения кинематических параметров"

ступени осевого компрессора" (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	КМ-7
	Срок КМ:	3	7	11	11	12	14	15
Основные схемы и циклы ГТУ								
Основные схемы и циклы ГТУ	+							
Воздушные осевые компрессоры								
Воздушные осевые компрессоры		+	+				+	+
Газовые турбины								
Газовые турбины					+			
Определение основных параметров ГТУ с учетом охлаждения								
Определение основных параметров ГТУ с учетом охлаждения						+		
Примеры конструкций ГТУ и ее элементов								
Примеры конструкций ГТУ и ее элементов						+		
Вес КМ:		10	15	20	15	15	15	10

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

Вид промежуточной аттестации – .

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

БРС курсовой работы/проекта

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

- КМ-1 Выполнение разделов 1 и 2
КМ-2 Выполнение разделов 3, 4, 5

КМ-3 Выполнение разделов 6, 7

КМ-4 Выполнение раздела 8

КМ-5 Выполнение раздела 9

Вид промежуточной аттестации – защита КП.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	3	7	10	11	15
Расчет тепловой схемы ГТУ (без учета охлаждения) с целью определения расходов воздуха, газа, топлива, мощности турбины, компрессора и ГТУ	+					
Уточнение расчета тепловой схемы с учетом охлаждения	+					
Расчет проточной части компрессора с целью определения диаметров ступеней, высоты направляющих и рабочих лопаток, числа ступеней.			+			
Термогазодинамический расчет параметров газового потока на среднем диаметре проточной части компрессора.			+			
Расчет радиального распределения кинематических параметров первой ступени компрессора по 5-ти сечениям. Подбор профилей для полученных сечений первой ступени компрессора			+			
Рассчитать проточную часть турбины. В результате расчета определить средние диаметры ступеней, высоты направляющих и рабочих лопаток, число ступеней.				+		
Гидрогазодинамический расчет первой ступени турбины с учетом охлаждения. Расчет на изгиб и растяжение рабочей лопатки первой ступени газовой турбины и оценка долговечности работы данной лопатки.				+		
Рассчитать основные геометрические размеры камеры сгорания.					+	
Графическая часть: продольный разрез ГТУ, поперечный разрез ГТУ по подшипнику и КС, выноска ступени газовой турбины и компрессора, чертеж профилей первой ступени компрессора и ступени турбины.						+
Вес КМ:		10	20	20	5	45

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

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

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-1 _{ПК-2} Выполняет расчеты и разрабатывает конструкцию объекта профессиональной деятельности	Знать: основные схемы газотурбинных установок и их технико-экономические показатели особенности определения основных параметров ГТУ с учетом охлаждения конструкции современных газотурбинных установок основные законы работы лопаточных машин особенности расчета и проектирования осевого компрессора особенности расчета и проектирования турбины, входящей в состав ГТУ Уметь: определять параметры тепловой схемы энергетической газотурбинной установки рассчитывать и проектировать элементы	КМ-1 Тепловые схемы и термодинамические циклы ГТУ (Проверочная работа) КМ-2 Осевые воздушные компрессоры (Тестирование) КМ-3 Воздушные осевые компрессора (Контрольная работа) КМ-4 Осевые газовые турбины в составе ГТУ (Тестирование) КМ-5 Турбины ГТУ. Охлаждение деталей турбины ГТУ (Реферат) КМ-6 Выполнение типового расчета "Расчет радиального распределения кинематических параметров ступени осевого компрессора" (Расчетно-графическая работа) КМ-7 Защита типового расчета "Расчет радиального распределения кинематических параметров ступени осевого компрессора" (Расчетно-графическая работа)

		энергетической газотурбинной установки использовать справочную литературу для сбора и анализа данных для проектирования	
--	--	--	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Тепловые схемы и термодинамические циклы ГТУ

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Проверочная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Время выполнения - 2 академических часа. Во время проведения контрольного мероприятия разрешается пользоваться всеми имеющимися материалами.

Краткое содержание задания:

Задание состоит из 10 вопросов, на которые необходимо ответить в максимально развернутом виде.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные схемы газотурбинных установок и их технико-экономические показатели	1. В чем заключаются общие свойства и различия между компрессором и турбиной в системе ГТУ. 2. Принципиальная тепловая схема ГТУ. Термодинамический цикл Брайтона в T,s-диаграмме.
Уметь: определять параметры тепловой схемы энергетической газотурбинной установки	1. Методика определения параметров в характерных точках ГТУ с учетом гидравлического сопротивления ее газовоздушного тракта и пример ее использования.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется в случае максимально развернутого ответа на все 9 вопросов и не полного на один вопрос. А так же в случае наличия мелких помадок (к примеру забыли точку обозначить, привели не все формы уравнений и т.д.). Под развернутым ответом понимается, что дано описание. То есть, если необходимо нарисовать схему или T-s диаграмму, то в ответе должно быть кроме рисунка, ещё и его описание.

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется в случае максимально развернутого ответа на все 8 вопросов, либо за 9 ответов в краткой форме.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется за правильные ответы на 6 вопросов.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильных ответов меньше 6.

КМ-2. Осевые воздушные компрессоры

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

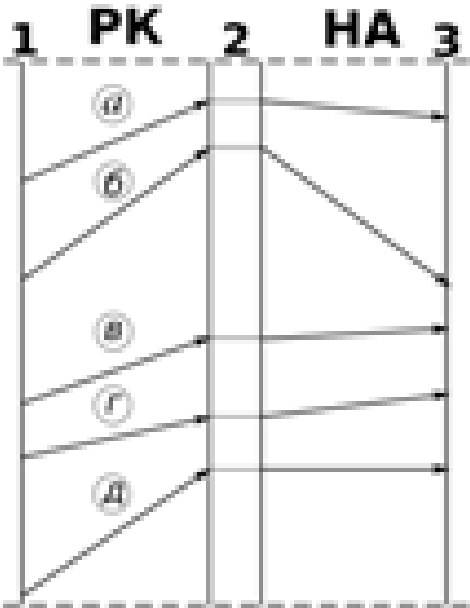
Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

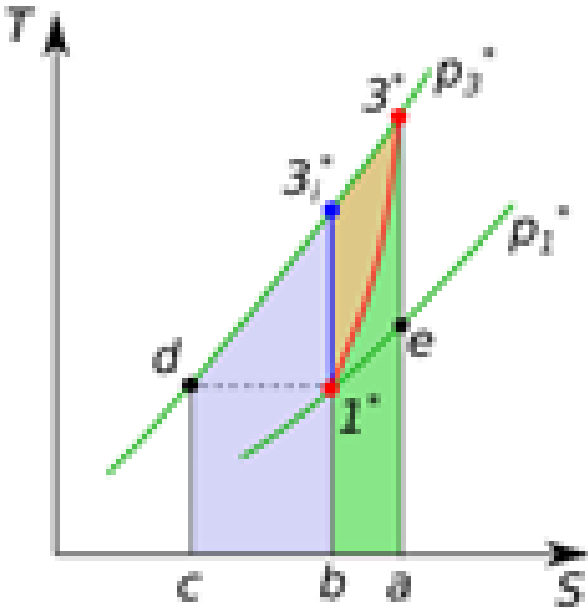
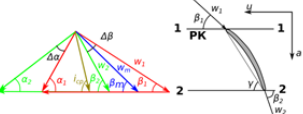
Процедура проведения контрольного мероприятия: Время выполнения 2 академических часа.

Краткое содержание задания:

Тест состоит из 25 вопросов. Максимальное количество баллов за все правильно выполненные тестовые задания 100.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные законы работы лопаточных машин	1.1. Какое выражение определяет обобщенное уравнение Бернули для НА ступени осевого компрессора? $1) H_{НА} = \int_2^3 \frac{dp}{\rho} + L_{r(2-3)} + \frac{c_3^2 - c_2^2}{2}$ $2) H_{НА} = \int_2^3 \frac{dp}{\rho} - L_{r(2-3)} + \frac{c_2^2 - c_3^2}{2}$ $3) \int_2^3 \frac{dp}{\rho} = H_{НА} + L_{r(2-3)} + \frac{c_2^2 - c_3^2}{2}$ $4) \int_1^2 \frac{dp}{\rho} = H_{НА} - L_{r(1-2)} + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2}$ $5) \int_2^3 \frac{dp}{\rho} = L_{r(2-3)} + \frac{c_3^2 - c_2^2}{2}$ 2.1. Как изменяется полное давление p^* в проточной части ступени осевого компрессора? 
Знать: особенности и расчёта	1.Какая площадь на Т-S диаграмме процесса сжатия в ступени осевого компрессора соответствует работе дополнительного

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
проектирования осевого компрессора	объемного сжатия ΔLV в ступени?  2. Какой угол из обозначенных на треугольнике скоростей ступени определяет угол установки профиля в решетке?  1) $\gamma = \beta_1$ 2) $\gamma = \beta_2$ 3) $\gamma = \beta_m$ 4) $\gamma = i_{cp}$ 5) Такой угол не имеет 3. Какое выражение определяет кинематическую степень реактивности ступени осевого компрессора? 1) $\rho_{cm} = 1 - \frac{c_{2u} + c_{1u}}{2u}$ 2) $\rho_{cm} = 1 - \frac{c_{2u} + c_{1u}}{2u} - \frac{c_{2a}^2 - c_{1a}^2}{2H_{th}}$ 3) $\rho_{cm} = \frac{L_0 \frac{dp}{p} + L_r(1-z)}{H_{th}}$ 4) $\rho_{cm} = \frac{w_1^2 - w_2^2}{2H_{th}}$ 5) $\rho_{cm} = \frac{w_2^2 - w_1^2}{2H_{th}}$

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 80% 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-3. Воздушные осевые 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 2 академических часа. Для решения практической задачи могут предоставляться 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:

Задача №1

В результате испытаний ступени компрессора получены следующие данные: $p_1^* = 742,7$ кПа; $T_1^* = 538,1$ К; $p_3^* = 837,6$ кПа; $T_3^* = 569,5$ К. Определить $\eta_{ст}$.

Задача №2

Оценить конструктивные углы $\beta_{1л}$ и $\beta_{2л}$ ступени компрессора, если $N_{th} = 30,5$ кДж/кг; $D_{1ср} = D_{2ср} = 0,268$ м; частота вращения $n = 24000$ об/мин; $\rho_{ст} = 0,7$; $c_{1a} = c_{2a} = 180$ м/с. Определить угол поворота $\Delta\beta$.

Задача №3

Определить геометрические параметры на выходе из последней ступени осевого компрессора, если: $G_v = 17,7$ кг/с; $p^* = 788,5$; $T^* = 656,1$ К; $\lambda_a = 0,3$; диаметр корпуса $D_k = 0,5$ м.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: рассчитывать и проектировать элементы энергетической газотурбинной установки	1.Определить $\eta_{ст}$ по данным, полученным в результате испытаний ступени компрессора. 2.Оценить конструктивные углы $\beta_{1л}$ и $\beta_{2л}$ ступени компрессора. Определить угол поворота $\Delta\beta$. 3.Определить геометрические параметры на выходе из последней ступени осевого компрессора.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если 3 задачи решены полностью и верно, без недочетов; у всех величин указана размерность.

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если 2 задачи решены полностью и верно, без недочетов; у всех величин указана размерность.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если 1 задача решена полностью и верно, без недочетов; у всех величин указана размерность.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не решено не одной задачи.

КМ-4. Осевые газовые турбины в составе ГТУ

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

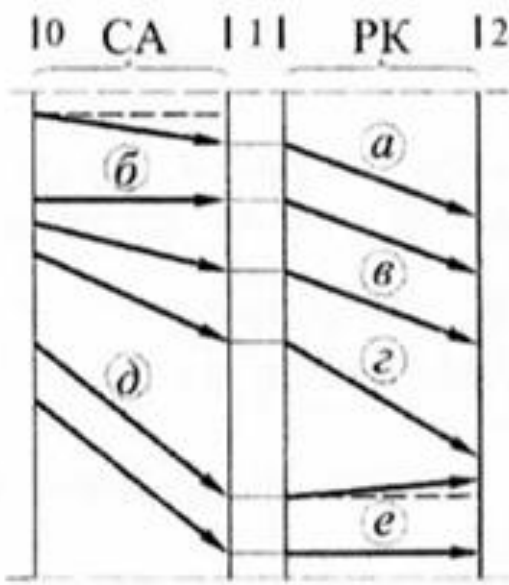
Процедура проведения контрольного мероприятия: Время выполнения 45 минут.

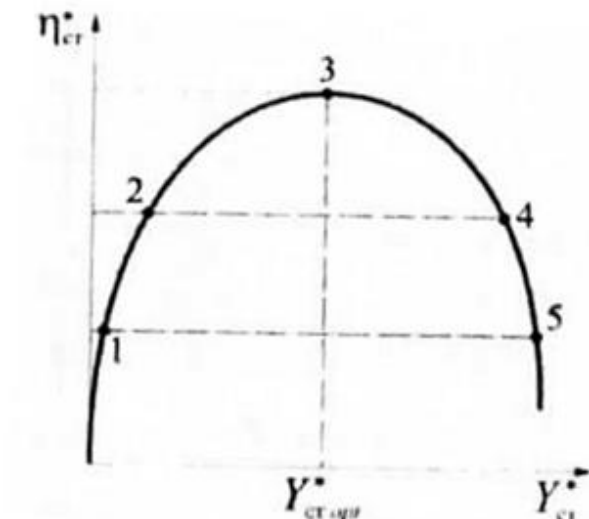
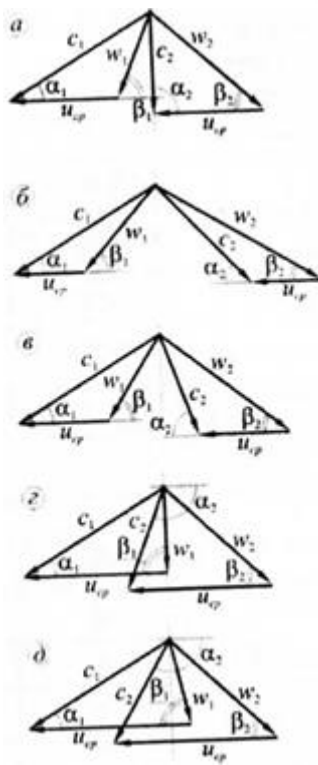
Краткое содержание задания:

Тест состоит из 16 вопросов.

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

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки										
Знать: особенности расчета и проектирования турбины, входящей в состав ГТУ	1.Какая из приведенных на рисунке линий соответствует изменению T^*I в ступени при $r_{ст} > 0$  2.Что происходит с величиной относительной скорости w_{li} на входе в РК ОТ, если при прочих равных условиях окружная скорость u_{li} возрастает? <table><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td>увеличивается</td><td>уменьшается</td><td>Не изменяется</td><td>Зависит от λw_{li}</td><td>Зависит от λc_{li}</td></tr></table> 3.Какой из приведенных треугольников скоростей ступени ОТ соответствует точке 1 на графике зависимости $\eta^*_{ст} = f(Y^*_{ст})$?	1	2	3	4	5	увеличивается	уменьшается	Не изменяется	Зависит от λw_{li}	Зависит от λc_{li}
1	2	3	4	5							
увеличивается	уменьшается	Не изменяется	Зависит от λw_{li}	Зависит от λc_{li}							

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	 The diagram shows a semi-circle with points 1, 2, 3, 4, 5 marked on its arc. A vertical dashed line represents the axis Y^*, and a horizontal dashed line represents the axis $Y^*_{ст.мг}$. The vertical axis is labeled $\eta^*_{ст}$ at the top.  Below the semi-circle are five geometric diagrams labeled a, б, в, г, д. Each diagram shows a triangle with various parameters: c_1, w_1, c_2, w_2 for side lengths; $\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2$ for angles; and $u_{ср}$ for a horizontal distance. The diagrams illustrate different configurations of these parameters.

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 80% 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-5. Турбины ГТУ. Охлаждение деталей турбины ГТУ

Формы реализации: Обмен электронными документами

Тип контрольного мероприятия: Реферат

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: На дом выдается 5 вопросов, по которым необходимо подготовить реферат.

Краткое содержание задания:

Подготовить реферат в соответствии с заданием, оформить его в соответствии с требованиями сдать в установленные сроки.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: конструкции современных газотурбинных установок	1.Способы охлаждения лопаток ГТУ. 2.Особенности организации системы охлаждения лопаток газовых турбин.
Знать: особенности определения основных параметров ГТУ с учетом охлаждения	1.Пути повышения эффективности систем охлаждения. 2.Методика расчета потерь в проточной части турбины с учетом охлаждения её элементов.
Уметь: использовать справочную литературу для сбора и анализа данных для проектирования	1.Провести сбор и анализ данных из открытых источников по следующим вопросам проектирования ГТУ.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется при написании развернутых ответов на все вопросы и использовании иллюстраций. Должны быть ссылки на литературу за последние 5 лет.

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется при написании развернутых ответов на все вопросы и использовании иллюстраций. Должны быть ссылки на литературу.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется при написании кратких ответов на все вопросы.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется при отсутствии ответа хотя бы на один вопрос.

КМ-6. Выполнение типового расчета "Расчет радиального распределения кинематических параметров ступени осевого компрессора"

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 типового расчета - до 14 недели. Оценивается правильность выполнения в установленные сроки.

Краткое содержание задания:

Определить радиальное распределение кинематических параметров ступени осевого компрессора. Расчеты выполнить по пяти сечениям.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: рассчитывать и проектировать элементы энергетической газотурбинной установки	1. Определить треугольники скоростей для каждого сечения. 2. Относительные скорости. 3. Определить угол поворот потока и сравнить с предельным значением. 4. Определить степень реактивности. 5. Построить треугольники скоростей. 6. Построить графики распределения по высоте углов, скоростей, относительных скоростей и степени реактивности. 7. Построить профили решетки для всех сечений.

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-7. Защита типового расчета "Расчет радиального распределения кинематических параметров ступени осевого компрессора"

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

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
Уметь: рассчитывать и проектировать элементы энергетической газотурбинной установки	1.Опишите принцип профилирования венца компрессора? 2.Каким критериям должна соответствовать рассчитанная ступень, что бы можно было говорить о её возможной работе?

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.

Для курсового проекта/работы**2 семестр*****I. Описание КП/КР***

Обучающемуся выдается индивидуальное задание.

II. Примеры задания и темы работы**Пример задания**

Спроектировать газотурбинную установку.

ГТУ служит для привода генератора электрического тока и эксплуатируется в базовом режиме.

Исходные данные представляются в виде таблицы и выбираются по номеру журнала.

При выполнении КП провести следующие работы:

1. Описать особенности прототипа ГТУ
2. Провести расчет тепловой схемы ГТУ (без учета охлаждения) с целью расходов воздуха, газа, топлива, мощности турбины, компрессора и ГТУ.
 - 2.1 Без учета охлаждения (3)
 - 2.2 Уточнить полученные параметры с учетом охлаждения (4-5)
3. Рассчитать проточную часть компрессора.

- 3.1 В результате расчета определить диаметры ступеней, высоты направляющих и рабочих лопаток, число ступеней. (3)
- 3.2 Термо-газодинамический расчет параметров газового потока на среднем диаметре проточной части компрессора. Приводятся графики распределения основных параметров по ступеням.(4)
- 3.3 Расчет радиального распределения кинематических параметров первой ступени по 5-ти сечениям. Приводятся графики распределения по высоте ступени, а так же треугольники скоростей в трех сечениях.(4)
- 3.4 Построение профилей для полученных сечений первой ступени компрессора(5)
4. Рассчитать проточную часть турбины.
- 4.1 В результате расчета определить средние диаметры ступеней, высоты направляющих и рабочих лопаток, число ступеней.(3)
- 4.2 Провести гидрогазодинамический расчет первой ступени с учетом охлаждения. Приводятся треугольники скоростей и процесс в h-s диаграмме(4)
- 4.3 Расчет на изгиб и растяжение рабочей лопатки первой ступени газовой турбины и оценка долговечности работы данной лопатки. (5)
5. Рассчитать основные геометрические размеры камеры сгорания.
6. Графическая часть:
- 6.1 Продольный разрез ГТУ
- 6.2 Поперечный разрез ГТУ по подшипнику и КС
- 6.3 Выноска ступени газовой турбины
- 6.4 Выноска ступени компрессора (с профилями).
- Расчетно-пояснительная записка к проекту должна содержать краткое описание прототипа турбины и разделы 1 – 5, содержание, список литературы.

Пояснительная записка должна быть выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word, ориентация «книжная», формат листа А4, тип шрифт Times New Roman, размер шрифта 14, междустрочный интервал 1,5, выравнивание текста – «по ширине документа», поля: левое 2 см, нижнее 2 см, вернее 2 см, правое 1 см.

Графическая часть на листах формата А1, в машинном или рукописном исполнении.

Срок выполнения расчётно-графической работы: 16 учебных недель.

Примеры исходных данных для выполнения КП:

	1	2	3	4
	SGT-800			
Мощность	49.9 MW(e)	54.0 MW(e)	57.0 MW(e)	62.5 MW(e)
Частота сети	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
КПТ ГТУ	39.4%	39.1%	40.1%	41.1%
Частота вращения вала	6,600 rpm	6,600 rpm	6,600 rpm	6,600 rpm
Степень сжатия	19.8:1	21.6:1	22.0:1	21.1:1
Расход уходящих газов	124.7 kg/s	135.5 kg/s	136.6 kg/s	135.5 kg/s
Температура уходящих газов	560 °C	563 °C	565 °C	596 °C

Тематика КП/КР:

Энергетическая газотурбинная установка

КМ-1. Выполнение разделов 1 и 2

Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если расчет выполнен верно, а так же оформлен в соответствии с требованиями.

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если расчет выполнен верно, но не оформлен.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если выполнен только 1-й раздел.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задание не выполнено.

КМ-2. Выполнение разделов 3, 4, 5

Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнены все разделы, а так же оформлены в соответствии с требованиями.

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не выполнен раздел 5.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не выполнены разделы 4 и 5.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задание не выполнено.

КМ-3. Выполнение разделов 6, 7

Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнены все разделы, а так же оформлены в соответствии с требованиями.

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если выполнены данные разделы с недочетами.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не выполнен раздел 7.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задание не выполнено.

КМ-4. Выполнение раздела 8

Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если раздел выполнен верно, а так же оформлен в соответствии с требованиями.

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если есть некоторые недочеты в выполнении раздела.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, раздел выполнен на половину.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задание не выполнено.

КМ-5. Выполнение раздела 9

Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, выполнена вся графическая часть с небольшими недочетами.

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если отсутствуют выноски.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если выполнен только продольный разрез турбины.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задание не выполнено.

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

МЭИ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № xx	Утверждаю
	Кафедра Паровых и газовых турбин	Зав. кафедрой
		Дисциплина: Энергетические ГТУ
	ЭнМИ	xxxx г.
1. Основные параметры ступени компрессора. 2. Преимущества и недостатки встроенных камер сгорания. 3. Задача. Определить степень повышения давления в ступени осевого компрессора без закрутки потока на входе, если $T1_{\text{вх}} = 288 \text{ К}$, $u_{\text{ср}} = 200 \text{ м/с}$, $\eta_{\text{ст}} = 0,86$, степень реактивности на среднем диаметре $r_{\text{ср}} = 0,7$.		

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 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.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1ПК-2 Выполняет расчеты и разрабатывает конструкцию объекта профессиональной деятельности

Вопросы, задания

1. Примеры теоретических вопросов:

1. Принципиальная тепловая схема ГТУ. КПД идеального цикла. Зависимость КПД ГТУ от степени сжатия, температуры воздуха на входе.
2. Термодинамический цикл Брайтона в T,s -диаграмме. Полезная работа ГТУ. Зависимость КПД ГТУ от температуры перед турбиной.
3. Развернутая схема ГТУ. Основные элементы и их назначение.
4. Комплексное воздухоочистительное устройство. Основные требования. Назначение элементов входящих в КВОУ.
5. Принцип действия ступени осевого компрессора.
6. Степень реактивности в ступени компрессора. Типы ступеней в зависимости от степени реактивности.

7. Изменение полных и статических параметров потока в ступени компрессора.
 8. Основные геометрические параметры профилей и решеток профилей компрессора.
 9. Ступени компрессора с постоянной циркуляцией.
 10. Условия совместной работы элементарных ступеней компрессора расположенных на различных радиусах.
 11. Связь параметров решетки компрессора с аэродинамическими коэффициентами.
 12. Типы камер сгорания и их конструктивные схемы.
 13. Особенности сжигания топлива в КС энергетических ГТУ.
 14. Технические решения обеспечивающие экологичность КС.
 15. Особенности и этапы расчета проточной части ГТ.
 16. Распределение параметров вдоль проточной части ГТУ.
 17. Способы охлаждения горячих деталей турбины.
 18. Основы расчета гидравлических сопротивлений в системе охлаждения сопловых и рабочих лопаток.
 19. Особенности расчета воздушного охлаждения сопловых и рабочих лопаток газовых турбин.
 20. Очистка компрессора и ГТ энергетической ГТУ.
2. Примеры практических задач:

Задача № 1

Оценить основные геометрические параметры ступени осевого компрессора, если расход воздуха составляет $G_v = 45,5$ кг/с, температура на входе $T^*_0 = 385$ К, $p^*_0 = 253,2$ кПа, осевая скорость $c_{1a} = 215$ м/с. Принять относительное изменение площади в ступени $F = (F_{1a}/F_{3a}) = 1,1$, относительный диаметр втулки $d_{1вт} = 0,41$, а форму проточной части $D_{ср} = \text{const}$.

Задача № 2

Определить угол поворота потока в рабочем колесе $\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$ на среднем радиусе, если подводенная работа $L_{ст} = 25$ кДж/кг, окружная скорость вращения колеса на среднем радиусе $u_{ср} = 328$ м/с, составляющие скорости на входе $c_{1u} = 70$ м/с, $c_{1a} = 145$ м/с. Принять $c_{1a} = c_{2a} = w_{1a} = w_{2a}$.

Задача № 3

Ступень компрессора характеризуется следующими параметрами: коэффициент затраченного напора $\eta_z = 0,3$; коэффициент расхода $\sigma_a = 0,6$; угол входа $\alpha_1 = 55^\circ$. Определить степень реактивности ступени.

Задача № 4

При известных $p_{B^*} = 101,325$ кПа, $T_{B^*} = 288$ К $\pi_{к^*} = 12$ определить число ступеней z_k осевого компрессора, принимая все ступени дозвуковыми: $\lambda w_1 < 1$; $\eta^*_{ks} = 0,84$; $L_{ст^*} = 23$.

Задача № 5

Определить величину располагаемой удельной работы $L_{тS}$ в пяти ступенчатой турбине при $L^*_{тS} = 1,2 \cdot 10^3$ кДж/кг; $a_v = 0,03$; $c_2 = c_{2ср} = 170$ м/с.

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.

Для курсового проекта/работы:

2 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 («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.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

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