

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

Направление подготовки/специальность: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Наименование образовательной программы: Информационные технологии производства

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Теория и проектирование энергоустановок**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шевченко И.В.
	Идентификатор	R0722806b-ShevchenkoIv-73cb478

И.В.
Шевченко

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Соколов В.П.
	Идентификатор	R928a03a7-SokolovVPet-4d1c67c1

В.П.
Соколов

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

А.Н.
Рогалев

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 использовать информационные технологии при разработке технологических процессов для изготовления наукоемких изделий

ИД-1 Демонстрирует знание принципов работы наукоемких изделий, способность применять методики их проектирования

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1 «Термогазодинамический расчет ТРД» (Контрольная работа)
2. КМ-2 «Сравнительный анализ конструкций ротора осевого компрессора» (Контрольная работа)
3. КМ-3 «Расчет проточной части газовой турбины» (Контрольная работа)
4. КМ-4 «Высотно-скоростная характеристика ТРД» (Контрольная работа)

БРС дисциплины

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Схемы и циклы ТРД и ГТУ					
Классификация авиационных двигателей и энергетических установок	+				
Принцип работы газотурбинных реактивных двигателей и их основных элементов	+				
Принципиальные схемы и циклы ГТУ	+				
Параметры, определяющие совершенство ГТД и ГТУ	+				
Термогазодинамический расчет ГТД и зависимость удельных параметров от параметров рабочего тела	+				
Лопаточные машины					
Назначение и принцип действия лопаточных машин		+			
Модель рабочего тела и течений в лопаточных машинах		+			

Основные уравнения теории лопаточных машин		+		
Формы учета потерь в лопаточных машинах ВРД и связь между ними		+		
Изменение параметров по радиусу и закрутка лопаток осевых компрессоров		+		
Применение теории подобия для построения характеристик лопаточных машин		+		
Пути совершенствования лопаточных машин		+		
Осевые и центробежные компрессоры				
Элементарная ступень осевого компрессора		+		
Окружная скорость и коэффициент полезного действия		+		
Характеристики многоступенчатых компрессоров		+		
Расчет осевых компрессоров		+		
Конструкция многоступенчатых осевых компрессоров		+		
Центробежные компрессоры		+		
Газовые турбины				
Элементарная ступень турбины			+	
Выбор схемы проточной части турбины и расчете ее основных размеров			+	
Газодинамический расчет ступени турбины			+	
Профилирование лопаток турбины			+	
Основные особенности и порядок расчета многоступенчатых газовых турбин			+	
Конструкция многоступенчатой газовой турбины			+	
Камеры сгорания ТРД и ГТУ				
Основные элементы и их назначение			+	
Основные характеристики камер сгорания			+	
Конструктивное исполнение основных элементов камер сгорания			+	
Расчет основных параметров камер сгорания			+	
Конструкции мало эмиссионных камер сгорания			+	
Системы охлаждения ТРД и ГТУ				

Системы охлаждения турбореактивных двигателей и газотурбинных установок				+
Основы рациональной организации охлаждения камер сгорания				+
Системы и схемы охлаждения газовой турбины и ее деталей				+
Системы охлаждения рабочих и сопловых лопаток газовых турбин				+
Характеристики и регулирование ТРД и ГТУ				
Высотно-скоростные характеристики ТРД				+
Частичные нагрузки газотурбинных установок				+
Статические характеристики ГТУ				+
Регулирование ГТУ				+
Основные элементы систем автоматического регулирования				+
Вес КМ:	20	25	25	30

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

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

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-1 _{ПК-2} Демонстрирует знание принципов работы наукоемких изделий, способность применять методики их проектирования	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> принципы и методы расчета и конструирования основных узлов и деталей ГТД и ГТУ знать характеристики и конструкцию основных узлов ТРД и ГТУ <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> проводить энергетический и гидравлический расчет ТРД и ГТУ уметь проводить анализ и выбор и согласование параметров основных узлов ГТД и ГТУ 	<ul style="list-style-type: none"> КМ-1 «Термогазодинамический расчет ТРД» (Контрольная работа) КМ-2 «Сравнительный анализ конструкций ротора осевого компрессора» (Контрольная работа) КМ-3 «Расчет проточной части газовой турбины» (Контрольная работа) КМ-4 «Высотно-скоростная характеристика ТРД» (Контрольная работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. КМ-1 «Термогазодинамический расчет ТРД»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают вариант контрольной работы. На выполнение контрольной работы отводится 45 минут

Краткое содержание задания:

Ориентирован на проверку знаний по соответствующему разделу дисциплины

Контрольные вопросы/задания:

Знать: принципы и методы расчета и конструирования основных узлов и деталей ГТД и ГТУ	1.Какое и почему взаимное положение зависимостей p^* , p по тракту ТРД? 2.Какое и почему взаимное положение зависимостей T^* , T по тракту ТРД? 3.Запишите уравнение для адиабатической работы газовой турбины.
---------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. КМ-2 «Сравнительный анализ конструкций ротора осевого компрессора»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают вариант контрольной работы. На выполнение контрольной работы отводится 45 минут

Краткое содержание задания:

Ориентирован на проверку знаний по соответствующему разделу дисциплины

Контрольные вопросы/задания:

Знать: знать характеристики и конструкцию основных узлов ТРД и ГТУ	1. Построить и пояснить треугольник скоростей в лопатках рабочего колеса и спрямляющего аппарата 2. Пояснить преимущества и недостатки осевого компрессора с постоянным внутренним диаметром ротора, постоянным наружным и постоянным средним 3. Конструкция крепления рабочих лопаток компрессора к дискам. Сравнить конструкцию роторов дискового и барабанного типов
--------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Описание шкалы оценивания:*Оценка: 5**Нижний порог выполнения задания в процентах: 85**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно**Оценка: 4**Нижний порог выполнения задания в процентах: 75**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач**Оценка: 3**Нижний порог выполнения задания в процентах: 60**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено**Оценка: 2**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено***КМ-3. КМ-3 «Расчет проточной части газовой турбины»****Формы реализации:** Письменная работа**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты получают вариант контрольной работы. На выполнение контрольной работы отводится 45 минут**Краткое содержание задания:**

Ориентирован на проверку умений по соответствующему разделу дисциплины

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить энергетический и гидравлический расчет ТРД и ГТУ	1. Найти площадь минимального ФМНН и выходного сечений решетки расширяющихся сопел, если известны параметры торможения газа перед ней $p_0 = 1,00$ МПа, $T_0 = 300$ °С и расчетное давление за ней $P_i = 0,25$ МПа. Расход перегретого пара $G = 2,0$ кг/с. Коэффициент расхода - 0,985 2. Определить площадь рабочей решетки F2, ее высоту l_2 и число лопаток для промежуточной ступени газовой турбины, подобрать соответствующий тип решетки и найти коэффициент скорости на среднем диаметре. Задано: расход газа G
-------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>= 270,0 кг/с, средний диаметр по рабочим лопаткам $d_2 = 1,920$ м, углы входа = $52,3^\circ$ и выхода $02\varepsilon = 28,3^\circ$; параметры газа за ступенью (по изоэнтропе) $p_2 = 0,278$ МПа и $T_{2t} = 900$ К; скорость выхода $w_{2t} = 365,1$ м/с; газовая постоянная $R = 289,7$ Дж/(кг • К); $(\kappa - 1)/\kappa = 0,233$. Толщину выходной кромки принять $\delta_{кр} = 3,8$ мм, хорду профиля $b_2 = 0,120$ м</p> <p>3. Сопловая решетка с суживающимися каналами при начальном давлении газа $p_0 = 15,7$ МПа и противодавлении $p_x = 12,75$ МПа пропускает расход $G = 17,45$ кг/с</p>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

КМ-4. КМ-4 «Высотно-скоростная характеристика ТРД»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты получают вариант контрольной работы. На выполнение контрольной работы отводится 45 минут

Краткое содержание задания:

Ориентирован на проверку умений по соответствующему разделу дисциплины

Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: уметь проводить анализ и выбор и согласование параметров основных узлов ГТД и ГТУ</p>	<p>1. Какие параметры связывает уравнение баланса мощности компрессора и турбины ТРД?</p> <p>2. Как зависят основные параметры ТРД от скорости полета при однопараметрическом законе регулирования $n = \text{const}$</p> <p>3. Для каких параметров следует дать ограничения при расчете характеристик ТРД?</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

6 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

Билет №1.

1. Факторы, влияющие на габаритные размеры турбомашин (компрессоров и турбин).
2. Виды газовых турбин и особенности их рабочего процесса.
3. Найти площадь минимального ФМНН и выходного сечений решетки расширяющихся сопел, если известны параметры торможения газа перед ней $p_0 = 1,00$ МПа, $T_0 = 300$ °С и расчетное давление за ней $P_i = 0,25$ МПа. Расход перегретого пара $G = 2,0$ кг/с. Коэффициент расхода - 0,985

Процедура проведения

Проводится в устной форме, включает теоретические вопросы и задание. К зачету допускаются студенты, успешно выполнившие и защитившие все контрольные мероприятия

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-2} Демонстрирует знание принципов работы наукоемких изделий, способность применять методики их проектирования

Вопросы, задания

1. Факторы, влияющие на габаритные размеры турбомашин (компрессоров и турбин).
2. Виды компрессоров и особенности их рабочего процесса.
3. Формы проточной части осевых компрессоров, их достоинства и недостатки. Назначение входного направляющего аппарата.
4. Геометрические особенности ступеней осевого компрессора. Треугольники скоростей для ступеней осевого компрессора Факторы, влияющие на количество ступеней осевого компрессора.
5. Энергетические характеристики лопастных (центробежного и осевого) компрессоров. Основные виды потерь в компрессорах.
6. Подходы к оптимизации степени сжатия рабочей среды в компрессоре.
7. Алгоритм определения количества ступеней в компрессоре. Основные расчетные формулы.
8. Функция, требования и принцип работы камеры сгорания ГТУ
9. Распределение коэффициента избытка воздуха по зонам камеры сгорания ГТУ
10. Виды камер сгорания, их достоинства и недостатки
11. Уравнение теплового баланса для камеры сгорания. Факторы, влияющие на величину коэффициент избытка воздуха в камере сгорания
12. Последовательность формирования облика камеры сгорания
13. Последовательность расчета теплового состояния камеры сгорания
14. Виды газовых турбин и особенности их рабочего процесса
15. Требования, предъявляемые к системам охлаждения газовых турбин. Способы охлаждения корпуса, подшипников и ротора газовой турбины
16. Задачи:
Для определения коэффициента расхода сопловой решетки при испытаниях были измерены расход пара $G = 0,37$ кг/с, параметры торможения пара перед решеткой $p_0 =$

0,120 МПа, $tQ = 210$ °С и давление за ней = 73,4 кПа. Найти коэффициент расхода для дан-ного режима, если суммарная площадь выходных сечений исследуемых каналов равна $22,65 \cdot 10^{-4}$ м².

17. Найти площадь минимального ФМНН и выходного сечений решетки расширяющихся сопл, если известны параметры торможения газа перед ней $p_0 = 1,00$ МПа, $T_0 = 300$ °С и расчетное давление за ней $P_i = 0,25$ МПа. Расход перегретого пара $G = 2,0$ кг/с. Коэффициент расхода - 0,985.

18. Определить площадь рабочей решетки F2, ее высоту l2 и число лопаток для промежуточной ступени газовой турбины, подобрать соответствующий тип решетки и найти коэффициент скорости на среднем диаметре. Задано: расход газа $G = 270,0$ кг/с, средний диаметр по рабочим лопаткам $d_2 = 1,920$ м, углы входа = $52,3^\circ$ и выхода $02\varepsilon = 28,3^\circ$; параметры газа за ступенью (по изоэнтропе) $p_2 = 0,278$ МПа и $T_{2t} = 900$ К; скорость выхода $w_{2t} = 365,1$ м/с; газовая постоянная $R = 289,7$ Дж/(кг • К); $(\kappa - 1)/\kappa = 0,233$. Толщину выходной кромки принять $del_{кр} = 3,8$ мм, хорду профиля $B_2 = 0,120$ м.
19. Экспериментальными исследованиями определены профиль-ные $f = 0,024$ и полные $f = 0,054$ потери в дозвуковой сопловой турбинной решетке (высота лопаток $l = 0,028$ м, толщина выходной кромки $del_{кр} = 0,7$ мм, шаг $tr = 0,75$, размер горла $L = 0,016$ м).

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Цикл ГТД состоит

Ответы:

1. из двух адиабатных и двух изотермических
2. из двух адиабатных и двух изобарных
3. из двух адиабатных и двух изохорных
4. из двух изотермических и двух изобарных

Верный ответ: 2

2. При увеличении скорости истечения газа давление и температура

Ответы:

1. Давление и температура увеличивается
2. Давление и температура уменьшается
3. Давление увеличивается а температура уменьшается
4. Давление уменьшается а температура увеличивается

Верный ответ: 2

3. На эффективность силовой установки не влияет:

Ответы:

1. удельная тяга
2. удельная масса
3. удельный расход топлива
4. удельный вес топлива

Верный ответ: 4

4. Что означает показатель π_T в турбине

Ответы:

1. Разность давления в турбине
2. Степень понижения давления в турбине
3. Перепад давления в турбине
4. Степень повышения давления в турбине

Верный ответ: 2

5. Профилирование лопаток нужно для

Ответы:

1. Повысить адиабатную работу
2. Увеличение окружной скорости
3. Уменьшить потерь и улучшить передачу энергии

3. Для охлаждения двигателя

Верный ответ: 1

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

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

Для курсового проекта/работы:

6 семестр

Форма проведения: Защита КП/КР

I. Процедура защиты КП/КР

Студент делает краткое сообщение продолжительностью до 15 минут, в котором в сжатой форме обосновывает актуальность темы исследования, цель и задачи исследования, излагает основное содержание работы по разделам, результаты исследования и выводы, обосновывает практическую и / или научную значимость работы. Доклад должен сопровождаться иллюстративным материалом (например, мультимедийной презентацией). Преподаватель организует обсуждение, порядок которого предусматривает ответы студента на вопросы присутствующих на защите.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка за курсовую работу определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ». В приложение к диплому выносятся оценка за курсовую работу.