

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Инновационные технологии в теплоэнергетике и теплотехнике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Диагностика и ремонт 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-73cb47c

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-4d1c67c

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 выполнять разработку теплотехнических решений для аэрокосмической техники

ИД-2 Разрабатывает и эксплуатирует энергетические установки аэрокосмического назначения

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа 1 «Основы технической диагностики и особенности эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа 2 «Определение технического состояния газотурбинного двигателя» (Контрольная работа)
3. Контрольная работа 3 «Порядок проверок ГТД при его эксплуатации и организация ремонта» (Контрольная работа)
4. Контрольная работа 4 «Устранение забоин лопаток компрессора двигателя АЛ31Ф-300» (Контрольная работа)

БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Основы технической диагностики и особенности эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей					
Основные термины и определения, применяемые в задачах контроля и диагностирования	+				
Классификация методов и видов контроля и диагностирования, допусков на контролируемые параметры	+				
Эксплуатация ГТД по ресурсу и техническому состоянию	+				
Эксплуатация отдельных агрегатов, узлов и систем по уровню надежности. Оптимизация системы эксплуатации	+				
Контроль и техническое диагностирование ГТД					
Характеристика авиационных ГТД как объекта диагностирования				+	
Контролепригодность авиационного ГТД				+	

Методы выбора диагностических параметров			+	
Принципы построения алгоритмов диагностирования технического состояния ГТД			+	
Разработка и создание систем информационного обеспечения процессов диагностирования (СИОПД)			+	
Методы технического диагностирования по изменению параметров динамических процессов			+	
Техническая диагностика ГТД на основе информации, зарегистрированной с помощью бортовых устройств регистрации			+	
Прогнозирование технического состояния ГТД			+	
Определение технического состояния ГТД неразрушающим контролем				
Назначение, конструкция, использование по назначению жесткого линзового эндоскопа ЭЛЖ		+		
Назначение, конструкция, использование по назначению видеоэндоскопа IC-V113		+		
Исследование деталей ГТД токовихревым методом		+		
Назначение, конструкция, использование по назначению дефектоскопа КОНСТАНТА ВД1		+		
Применение магнитопорошкового метода в исследовании ГТД		+		
Ультразвуковой метод дефектоскопии ГТД		+		
Метод цветной дефектоскопии		+		
Организация заводского и войскового ремонта авиационных двигателей				
Виды ремонта на авиационных двигателях			+	
Структурная схема авиационного ремонтного предприятия (моторного производства)			+	
Технологическая схема выполнения капитального ремонта ГТД			+	
Характеристика основных участков цеха по ремонту двигателя			+	
Цели, силы и средства войскового ремонта ГТД			+	
Ремонт основных узлов ГТД				
Ремонт компрессора				+
Ремонт камеры сгорания				+
Ремонт газовой турбины				+
Ремонт форсажной камеры и реактивного сопла				+

Ремонт агрегатов ГТД				+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$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-2ПК-2 Разрабатывает и эксплуатирует энергетические установки аэрокосмического назначения	Знать: порядок проверок ГТД в процессе эксплуатации и проведения заводского и войскового ремонта знать основы контроля, диагностирования и особенности технической эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей Уметь: осуществлять контроль и диагностирование авиационного двигателя с целью определения технического состояния проводить операции локального ремонта ГТД	Контрольная работа 1 «Основы технической диагностики и особенности эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей» (Контрольная работа) Контрольная работа 2 «Определение технического состояния газотурбинного двигателя» (Контрольная работа) Контрольная работа 3 «Порядок проверок ГТД при его эксплуатации и организация ремонта» (Контрольная работа) Контрольная работа 4 «Устранение забоин лопаток компрессора двигателя АЛ31Ф-300» (Контрольная работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Контрольная работа 1 «Основы технической диагностики и особенности эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей»

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 основы контроля, диагностирования и особенности технической эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей	1.С какой целью выполняется термогазодинамический расчет двигателя? 2.Какие данные нужны для проектного термогазодинамического расчета ТРД? 3.Оцените значение величин η_k, $\sigma_{k.c}$, η_g, $\delta_{охл}$, η_t^*, σ_c, η_m, ϕ_c, принимаемые для такого расчета. 4.Как и почему изменяются p^*, T^* с по тракту двигателя? 5.Какое и почему взаимное положение зависимостей p^*, p по тракту ТРД? 6.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: 60

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: 50

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. Контрольная работа 2 «Определение технического состояния газотурбинного двигателя»

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:

Уметь: осуществлять контроль и диагностирование авиационного двигателя с целью определения технического состояния	1. Конструкция крепления рабочих лопаток компрессора к дискам. Сравнить конструкцию роторов дискового и барабанного типов 2. Пояснить преимущества и недостатки осевого компрессора с постоянным внутренним диаметром ротора, постоянным наружным и постоянным средним 3. Построить и пояснить треугольник скоростей в лопатках рабочего колеса и спрямляющего аппарата 4. Пояснить принцип работы элементарной ступени компрессора. Уравнение работы сжатия
---	---

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-3. Контрольная работа 3 «Порядок проверок ГТД при его эксплуатации и организация ремонта»

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: порядок проверок ГТД в процессе эксплуатации и проведения заводского и войскового ремонта	1. 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 $G = 270,0 \text{ кг/с}$, средний диаметр по рабочим лопаткам
--	--

	$d_2 = 1,920$ м, углы входа $= 52,3^\circ$ и выхода $02\alpha = 28,3^\circ$; 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 $\delta_{\text{кр}} = 3,8$ мм, хорду профиля $b_2 = 0,120$ м 2. 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 3. 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 $\delta_{\text{кр}} = 0,7$ мм, шаг $tr = 0,75$, размер горла $L = 0,016$ м). 4. Каков будет расход газа G_x через решетку, если при постоянных начальных параметрах давление за решеткой снизить до $P_{ij} = 7,36$ МПа? Показатель изоэнтропы газа $\kappa = 1,3$
--	---

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: 60

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: 50

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

Оценка: 2

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

КМ-4. Контрольная работа 4 «Устранение забоин лопаток компрессора двигателя АЛ31Ф-300»

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 операции локального ремонта ГТД	1.Какие параметры связывает уравнение баланса мощности компрессора и турбины ТРД? 2.Каким условиям должна удовлетворять совместная работа компрессора и турбины? Сделайте вывод и краткий анализ уравнения совместной работы узлов газогенератора. 3.От каких факторов в общем случае зависит положение рабочей точки на характеристике компрессора? 4.Изложите метод расчета характеристик одновального ТРД по заданным характеристикам его узлов. 5.Какие бывают законы регулирования ТРД?
--	--

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

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

Билет №5

1. Геометрические особенности ступеней осевого компрессора. Треугольники скоростей для ступеней осевого компрессора. Факторы, влияющие на количество ступеней осевого компрессора.
2. Формы проточной части осевых компрессоров, их достоинства и недостатки. Назначение входного направляющего аппарата.
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-2ПК-2 Разрабатывает и эксплуатирует энергетические установки аэрокосмического назначения

Вопросы, задания

1. Факторы, влияющие на габаритные размеры турбомашин (компрессоров и турбин).
2. Виды компрессоров и особенности их рабочего процесса.
3. Подходы к оптимизации степени сжатия рабочей среды в компрессоре.
4. Алгоритм определения количества ступеней в компрессоре. Основные расчетные формулы.
5. Функция, требования и принцип работы камеры сгорания ГТУ
6. Распределение коэффициента избытка воздуха по зонам камеры сгорания ГТУ
7. Виды камер сгорания, их достоинства и недостатки
8. Уравнение теплового баланса для камеры сгорания. Факторы, влияющие на величину коэффициента избытка воздуха в камере сгорания
9. Последовательность формирования облика камеры сгорания
10. Последовательность расчета теплового состояния камеры сгорания

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