

**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: Аэрокосмические технологии в теплоэнергетике и теплотехнике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Тепломассообмен и теплозащита элементов теплоэнергетических
установок**

**Москва
2025**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Соколов В.П.
	Идентификатор	R928a03a7-SokolovVPet-4d1c67c3

В.П. Соколов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шевченко И.В.
	Идентификатор	R0722806b-ShevchenkoIgv-73cb47c3

И.В.
Шевченко

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-1 Разрабатывает теплотехнические решения для обеспечения функционирования экипажа и оборудования

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Методы интенсификации теплообмена при конвекции, кипении и конденсации. Методы расчета. (Контрольная работа)
2. Методы охлаждения и системы тепловой защиты основных узлов и деталей энергетических установок. (Контрольная работа)
3. Моделирование процессов тепло-массообмена. (Контрольная работа)
4. Процессы теплопроводности в газах и твердых телах (Контрольная работа)

БРС дисциплины

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Процессы теплопроводности в газах и твердых телах (Контрольная работа)
- КМ-2 Моделирование процессов тепло-массообмена. (Контрольная работа)
- КМ-3 Методы интенсификации теплообмена при конвекции, кипении и конденсации. Методы расчета. (Контрольная работа)
- КМ-4 Методы охлаждения и системы тепловой защиты основных узлов и деталей энергетических установок. (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Предмет и задачи курса. Основные понятия и определения процессов теплообмена.					
Предмет и задачи курса. Основные понятия и определения процессов теплообмена.		+			

Механизм теплопроводности в газах, жидкостях и твердых телах: металлах, диэлектриках.				
Механизм теплопроводности в газах, жидкостях и твердых телах: металлах, диэлектриках.	+			
Конвективный теплообмен. Основные положения теории пограничного слоя.				
Конвективный теплообмен. Основные положения теории пограничного слоя.		+		
Тепло- и массообмен. Основные понятия.				
Тепло- и массообмен. Основные понятия.		+		
Теплоотдача при кипении. Теплообмен при конденсации.				
Теплоотдача при кипении. Теплообмен при конденсации.			+	
Методы интенсификации теплообмена.				
Методы интенсификации теплообмена.			+	
Методы охлаждения деталей турбокомпрессора.				
Методы охлаждения деталей турбокомпрессора.			+	+
Системы о тепловой защиты перспективных энергетических установок.				
Системы о тепловой защиты перспективных энергетических установок.				+
Вес КМ:	25	25	25	25

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} Разрабатывает теплотехнические решения для обеспечения функционирования экипажа и оборудования	Знать: Назначение, области применения и методы тепловой защиты. Методы физического и математического моделирования процессов термо - газодинамики и тепло - массообмена. Методы тепловой защиты при различных принципах отвода теплоты. Методов и средств тепловой защиты теплоэнергетических установок. Уметь: Проводить выбор эффективных способов тепловой защиты и методов охлаждения элементов теплоэнергетических установок. Выполнять инженерные	КМ-1 Процессы теплопроводности в газах и твердых телах (Контрольная работа) КМ-2 Моделирование процессов тепло-массообмена. (Контрольная работа) КМ-3 Методы интенсификации теплообмена при конвекции, кипении и конденсации. Методы расчета. (Контрольная работа) КМ-4 Методы охлаждения и системы тепловой защиты основных узлов и деталей энергетических установок. (Контрольная работа)

		расчеты температурных полей и выбора теплозащитных материалов. Использовать физические и математические модели для анализа тепловые процессы. Использовать математический аппарат и программные средства для определения тепловых нагрузок.	
--	--	--	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Процессы теплопроводности в газах и твердых телах

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа проводится в установленные сроки во время практических занятий в течение 60 минут. Каждый студент письменно отвечает на вопросы индивидуального задания.

Краткое содержание задания:

В задание контрольной работы входят два вопроса на проверку полученных знаний и умений по пройденным разделам дисциплины: математические модели для проектирования систем охлаждения и тепловой защиты.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Методов и средств тепловой защиты теплоэнергетических установок.	1. Моделирование процесса конвективного теплообмена. 2. Построение критериальных уравнений

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-2. Моделирование процессов тепло-массообмена.

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа проводится в установленные сроки во время практических занятий в течение 60 минут. Каждый студент письменно отвечает на вопросы индивидуального задания.

Краткое содержание задания:

В задание контрольной работы входят два вопроса на проверку полученных знаний и умений по пройденным разделам дисциплины: расчёт процессов гидродинамики и теплообмена.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Методы тепловой защиты при различных принципах отвода теплоты.	1. Принципы построения эквивалентной гидравлической сети.
Знать: Назначение, области применения и методы тепловой защиты.	1. Виды гидравлических потерь. 2. Типы местных гидравлических сопротивлений.
Уметь: Использовать физические и математические модели для анализа тепловые процессы.	1. Алгоритм расчета гидравлических потерь в гладком цилиндрическом канале.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-3. Методы интенсификации теплообмена при конвекции, кипении и конденсации. Методы расчета.

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа проводится в установленные сроки во время практических занятий в течение 60 минут. Каждый студент письменно отвечает на вопросы индивидуального задания.

Краткое содержание задания:

В задание контрольной работы входят два вопроса на проверку полученных знаний и умений по пройденным разделам дисциплины: программные средства и пакеты для расчета температурного состояния деталей

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: Использовать математический аппарат и программные средства для определения тепловых нагрузок.	1.Формирования исходных данных в пакете ANSYS для расчета стационарного температурного поля при кипении.
Уметь: Проводить выбор эффективных способов тепловой защиты и методов охлаждения элементов теплоэнергетических установок.	1.Формирования исходных данных в пакете ANSYS для расчета стационарного температурного поля при контактом теплообмене.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-4. Методы охлаждения и системы тепловой защиты основных узлов и деталей энергетических установок.

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа проводится в установленные сроки во время практических занятий в течение 60 минут. Каждый студент письменно отвечает на вопросы индивидуального задания.

Краткое содержание задания:

В задание контрольной работы входят два вопроса на проверку полученных знаний и умений по пройденным разделам дисциплины: тепловая защита деталей теплоэнергетического оборудования

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Методы физического и математического моделирования процессов термо - газодинамики и тепло - массообмена.	1.Снижения температуры детали применением термобарьерных покрытий. 2.Тепловая защита жаровых труб камеры сгорания ГТУ.
Уметь: Выполнять инженерные расчеты температурных полей и выбора теплозащитных материалов.	1.Выбор схемы охлаждения рабочей лопатки турбины при температуре газа 1700K. 2.Снижение расхода охладителя путем интенсификации теплоотдачи в каналах охлаждения.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

Билет №7

1. Методы моделирования течения среды в каналах охлаждения.
2. Система тепловой защиты жаровой трубы камеры сгорания ГТУ.
3. Задача. Определить величину расхода G_m для обеспечения газодинамического подобия при продувке канала в модельных условиях. Рассчитать коэффициент для натуральных и модельных условий. Натурные условия: расход воздуха $G_n = 0,25$ кг/с, канал прямоугольного сечения 10×40 мм, температура воздуха 400°C . Модельные условия: площадь канала уменьшена в 4 раза, температура воздуха 100°C . Зависимость для динамической вязкости $\mu = f(T)^{0,64}$.

Процедура проведения

Экзамен проводится в установленное расписанием экзаменационной сессии время и месте. Экзамен проводится преподавателем (преподавателями), ведущим дисциплину. На письменную подготовку ответа на вопросы экзаменационного билета студенту отводится не менее 45 минут. Последующее устное обсуждение подготовленных ответов в течение не более 10 минут.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-2} Разрабатывает теплотехнические решения для обеспечения функционирования экипажа и оборудования

Вопросы, задания

1. Математическая формулировка задач теплопроводности.
2. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
3. Методы исследования тепловых процессов.
4. Теплопроводность через однослойные и многослойные плоские и цилиндрические стенки.
5. Численные методы моделирования температурных полей.
6. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена.
7. Системы охлаждения деталей газовых турбин
8. Принципы построения гидравлических сетей и расчеты потерь давления.
9. Охлаждение подшипников.
10. Модель для расчета температурного состояния стенки при наличии защитного покрытия.
11. Решение задач конвективного теплообмена в пакете ANSYS.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Движение, при котором скорость и давление изменяются не только от координат пространства, но и от времени называется

Ответы:

- а) ламинарным;
- б) стационарным;
- в) неустановившимся;
- г) турбулентным.

Верный ответ: в) неустановившимся

2. Установившееся движение газа характеризуется уравнениями

Ответы:

- а) $v = f(x, y, z, t); P = \varphi(x, y, z)$
- б) $v = f(x, y, z, t); P = \varphi(x, y, z, t)$
- в) $v = f(x, y, z); P = \varphi(x, y, z, t)$
- г) $v = f(x, y, z); P = \varphi(x, y, z)$

Верный ответ: г) $v = f(x, y, z); P = \varphi(x, y, z)$

3. Что является источником потерь энергии движущегося газа?

Ответы:

- а) плотность;
- б) вязкость;
- в) расход;
- г) изменение направления движения.

Верный ответ: б) вязкость

4. При каком режиме движения жидкости в трубопроводе наблюдается пульсация скоростей и давлений в трубопроводе?

Ответы:

- а) при ламинарном;
- б) при скоростном;
- в) при турбулентном;
- г) при отсутствии движения жидкости.

Верный ответ: в) при турбулентном

5. Физический смысл критерия Рейнольдса

Ответы:

- а) величина, пропорциональная отношению сил давления к силам инерции.
- б) величина, пропорциональная отношению сил вязкости к силам инерции
- в) величина, пропорциональная отношению сил инерции к силам тяжести

Верный ответ: а) величина, пропорциональная отношению сил давления к силам инерции.

6. С увеличением скорости потока отношение P/P^*

Ответы:

- а) уменьшается
- б) увеличивается
- в) остается постоянным

Верный ответ: б) увеличивается

7. Какие виды моделей существуют:

Ответы:

- а) Абстрактные, математические и нематематические
- б) Физические и абстрактные
- в) Математические и нематематические
- г) Математические и физические

Верный ответ: г) Математические и физические

8. На чем основывается метод моделирования:

Ответы:

- а) На принципе аналогии

- б) На принципе соответствия
- в) На принципе подобия
- г) На принципе реальности

Верный ответ: в) На принципе подобия

9. Дифференциальное уравнение используемое для численного расчета температурных полей

Ответы:

- а) Фурье-Кирхгоффа
- б) Ньютона
- в) Рейнольдса
- г) Нуссельта

Верный ответ: а) Фурье-Кирхгоффа

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.