

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

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Теплофизика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Экспериментальное исследование тепломассообмена**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Г лазков В.В.
	Идентификатор	R43380c76-GlazkovVV-e4c0a72f

В.В. Глазков

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яньков Г.Г.
	Идентификатор	Rbb1f0c84-YankovGG-11a2e4dc

Г.Г. Яньков

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Герасимов Д.Н.
	Идентификатор	Ra5495398-GerasimovDN-6b58615

Д.Н.
Герасимов

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. РПК-1 Способен к проведению лабораторного и численного теплофизического эксперимента, к проектированию и конструированию с этой целью соответствующих экспериментальных стендов, к обработке опытных данных

ИД-1 Обосновывает методику исследования конкретных процессов гидродинамики и теплообмена

ИД-3 Способен к организации лабораторного эксперимента и обработке полученных экспериментальных данных

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Проверка задания

1. КМ №4. Расчетное задание (Перекрестный опрос)

Форма реализации: Смешанная форма

1. КМ №1. Выполнение лабораторных работ №1, 4. Тест по лекциям 1-4. (Тестирование)

2. КМ №2. Выполнение лабораторных работ №6, 7. Тест по лекциям 5-9. (Тестирование)

3. КМ №3. Защита лабораторных работ №1, 4. (Перекрестный опрос)

4. КМ №5. Защита лабораторных работ № 6, 7. Тест по лекциям 10-13. (Перекрестный опрос)

БРС дисциплины

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 КМ №1. Выполнение лабораторных работ №1, 4. Тест по лекциям 1-4. (Тестирование)

КМ-2 КМ №2. Выполнение лабораторных работ №6, 7. Тест по лекциям 5-9. (Тестирование)

КМ-3 КМ №3. Защита лабораторных работ №1, 4. (Перекрестный опрос)

КМ-4 КМ №4. Расчетное задание (Перекрестный опрос)

КМ-5 КМ №5. Защита лабораторных работ № 6, 7. Тест по лекциям 10-13. (Перекрестный опрос)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4

	Срок КМ:	6	10	12	14	16
Методы моделирования процессов гидродинамики, тепло- и массообмена. Схемы экспериментальных установок						
Методы моделирования процессов гидродинамики, тепло- и массообмена. Схемы экспериментальных установок	+					
Стационарные и нестационарные методы измерения коэффициентов теплоотдачи.						
Стационарные и нестационарные методы измерения коэффициентов теплоотдачи.		+	+			
Методы измерения коэффициентов гидравлического сопротивления.						
Методы измерения коэффициентов гидравлического сопротивления.			+	+	+	
Методы измерений полей давления, скорости, температуры и концентрации.						
Методы измерений полей давления, скорости, температуры и концентрации.		+				+
Вес КМ:		15	15	20	30	20

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
РПК-1	ИД-1 _{РПК-1} Обосновывает методику исследования конкретных процессов гидродинамики и теплообмена	Знать: основные методы физического моделирования процессов гидродинамики, тепло- и массообмена источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет) по различным проблемам теплообмена Уметь: обоснованно выбирать метод, схему экспериментальной установки и приборы для измерения заданной характеристики тепло- или массообмена с учетом допустимой погрешности измерения проводить оценку погрешностей полученных экспериментальных данных и их сравнение с	КМ-1 КМ №1. Выполнение лабораторных работ №1, 4. Тест по лекциям 1-4. (Тестирование) КМ-2 КМ №2. Выполнение лабораторных работ №6, 7. Тест по лекциям 5-9. (Тестирование)

		результатами других исследований	
РПК-1	ИД-ЗРПК-1 Способен к организации лабораторного эксперимента и обработке полученных экспериментальных данных	Знать: методы измерения коэффициентов гидравлического сопротивления, коэффициентов теплоотдачи и массоотдачи, полей давления, скорости, температуры и концентрации в потоках жидкости и газа основные источники научно-технической информации о методах расчета процессов теплообмена и теплофизических свойствах веществ Уметь: проводить измерения температуры поверхности теплообмена и температуры жидкости, а также давления, скорости и расхода жидкости, тепловых потоков, потоков массы компонентов смеси определять по первичным экспериментальным	КМ-3 КМ №3. Защита лабораторных работ №1, 4. (Перекрестный опрос) КМ-4 КМ №4. Расчетное задание (Перекрестный опрос) КМ-5 КМ №5. Защита лабораторных работ № 6, 7. Тест по лекциям 10-13. (Перекрестный опрос)

		данным, полученным в процессе физического моделирования, коэффициенты гидравлического сопротивления, теплои массоотдачи, а также связь между безразмерными числами подобия, характеризующими изучаемые процессы	
--	--	--	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. КМ №1. Выполнение лабораторных работ №1, 4. Тест по лекциям 1-4.

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты к моменту КМ обязаны выполнить две лабораторные работы и сдать тест по содержанию лекций 1-4.

Краткое содержание задания:

Схема экспериментальных установок открытого и замкнутого цикла, аэродинамические трубы.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: источники научно-технической информации (журналы, сайты Интернет) по различным проблемам теплообмена	1.Схема экспериментальных установок открытого цикла
Уметь: обоснованно выбирать метод, схему экспериментальной установки и приборы для измерения заданной характеристики тепло- или массообмена с учетом допустимой погрешности измерения	1.Подбор насоса для установки закрытого цикла

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Выполнение двух лабораторных работ и отличная (75%) сдача теста по содержанию лекций 1-4

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Выполнение не менее 1 лабораторной работы и хорошая (50%) сдача теста по содержанию лекций 1-4

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 30

Описание характеристики выполнения знания: Выполнение не менее 1 лабораторной работы и удовлетворительная (30%) сдача теста по содержанию лекций 1-4

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Невыполнение 2 лабораторных работ

КМ-2. КМ №2. Выполнение лабораторных работ №6, 7. Тест по лекциям 5-9.

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты к моменту КМ обязаны выполнить две лабораторные работы и сдать тест по содержанию лекций 5-9.

Краткое содержание задания:

Стационарные и нестационарные методы измерения коэффициентов теплоотдачи.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные методы физического моделирования процессов гидродинамики, тепло- и массообмена	1. Стационарные методы измерения коэффициентов теплоотдачи.
Уметь: проводить оценку погрешностей полученных экспериментальных данных и их сравнение с результатами других исследований	1. Определить необходимый коэффициент теплопроводности материала для эксперимента по нестационарным методам измерения коэффициентов теплоотдачи.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Выполнение двух лабораторных работ и отличная (75%) сдача теста по содержанию лекций 5-9

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Выполнение не менее 1 лабораторной работы и хорошая (50%) сдача теста по содержанию лекций 5-9

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 30

Описание характеристики выполнения знания: Выполнение не менее 1 лабораторной работы и удовлетворительная (30%) сдача теста по содержанию лекций 5-9

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Невыполнение 2 лабораторных работ

КМ-3. КМ №3. Защита лабораторных работ №1, 4.

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Перекрестный опрос

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты защищают 2 сделанные ими лабораторные работы и отвечают на вопросы преподавателя по теме выполненных лабораторных работ.

Краткое содержание задания:

Защита лабораторных работ №1, 4.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методы измерения коэффициентов гидравлического сопротивления, коэффициентов теплоотдачи и массоотдачи, полей давления, скорости, температуры и концентрации в потоках жидкости и газа	1. Как проводится исследование теплоотдачи при пузырьковом, переходном и пленочном режимах кипения жидкости в условиях свободной конвекции?
Уметь: проводить измерения температуры	1. Рассчитать коэффициент

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
поверхности теплообмена и температуры жидкости, а также давления, скорости и расхода жидкости, тепловых потоков, потоков массы компонентов смеси	теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкости в условиях свободной конвекции

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Успешная защита двух лабораторных работ и правильные исчерпывающие ответы на контрольные вопросы преподавателя

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Успешная защита двух лабораторных работ и в целом правильные ответы на контрольные вопросы преподавателя

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 30

Описание характеристики выполнения знания: Успешная защита одной из двух лабораторных работ и в целом правильные ответы на контрольные вопросы преподавателя по этой работе

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Неуспешная защита двух лабораторных работ

КМ-4. КМ №4. Расчетное задание

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Перекрестный опрос

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам на 2-ой неделе выдается текст расчетного задания, далее в течение семестра они его выполняют. Защита происходит путем ответа на вопросы преподавателя по проделанной расчетной работе.

Краткое содержание задания:

Тепловой и гидравлический и прочностной расчет элементов экспериментальной установки для исследования теплоотдачи при турбулентном течении жидкости в круглой трубе.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методы измерения коэффициентов гидравлического сопротивления, коэффициентов теплоотдачи и массоотдачи, полей давления, скорости, температуры и концентрации в потоках жидкости и газа	1.Методика теплового расчета элементов экспериментальной установки для исследования теплоотдачи при турбулентном течении жидкости в круглой трубе.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Правильно выполненный тепловой, гидравлический и прочностной расчет элементов экспериментальной установки для исследования теплоотдачи при турбулентном течении жидкости в круглой трубе.

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: В целом правильно выполненный тепловой, гидравлический и прочностной расчет элементов экспериментальной установки для исследования теплоотдачи при турбулентном течении жидкости в круглой трубе с незначительными ошибками.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 30

Описание характеристики выполнения знания: В целом правильно выполненный тепловой, гидравлический и прочностной расчет элементов экспериментальной установки для исследования теплоотдачи при турбулентном течении жидкости в круглой трубе со значительными ошибками.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Неправильно выполненный тепловой, гидравлический и прочностной расчет элементов экспериментальной установки для исследования теплоотдачи при турбулентном течении жидкости в круглой трубе.

КМ-5. КМ №5. Защита лабораторных работ № 6, 7. Тест по лекциям 10-13.

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Перекрестный опрос

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты к моменту КМ обязаны выполнить две лабораторные работы и сдать тест по содержанию лекций 10-13.

Краткое содержание задания:

Методы измерений полей давления, скорости, температуры и концентрации

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные источники научно-технической информации о методах расчета процессов теплообмена и теплофизических свойствах веществ	1. Методы измерений полей давления в газовых потоках.
Уметь: определять по первичным экспериментальным данным, полученным в процессе физического моделирования, коэффициенты гидравлического сопротивления, теплои массоотдачи, а также связь между безразмерными числами подобия, характеризующими изучаемые процессы	1. Оценить погрешность методов измерений полей давления в газовых потоках.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Защита двух лабораторных работ и отличная (75%) сдача теста по содержанию лекций 10-13

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Защита 2 лабораторных работ и хорошая (50%) сдача теста по содержанию лекций 1-4

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 30

Описание характеристики выполнения знания: Защита не менее 1 лабораторной работы и удовлетворительная (30%) сдача теста по содержанию лекций 10-13

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Невыполнение защиты 2 лабораторных работ

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Схема экспериментальных установок открытого цикла.
2. Классификация аэродинамических труб.

Процедура проведения

Экзамен проводится в учебной аудитории. Студенты случайным образом выбирают билет, содержащий два теоретических вопроса. На подготовку устного ответа преподавателю по теме билета дается 90 минут.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{РПК-1} Обосновывает методику исследования конкретных процессов гидродинамики и теплообмена

Вопросы, задания

- 1.
1. Создание и измерение тепловых потоков при электрическом обогреве поверхности теплообмена: 1) прямой электрообогрев; 2) косвенный электрический обогрев.
2. Создание и измерение теплового потока при электронном обогреве поверхности теплообмена.
3. Создание и измерение тепловых потоков при использовании вспомогательной жидкости. Метод толстостенной трубы.
4. Определение температуры поверхности теплообмена в стационарных условиях.
5. Определение среднемассовой температуры жидкости при исследовании теплообмена в условиях течения в трубах: 1) газы и неметаллические жидкости; 2) жидкие металлы; 3) химические реагирующие газовые смеси.
6. «Косвенные» методы определения коэффициентов теплоотдачи. Модифицированный метод Вильсона.
7. Определение коэффициентов теплоотдачи с помощью метода регулярного теплового режима охлаждения/нагрева тел.
8. Измерение тепловых потоков в нестационарных условиях: 1) метод двух точек; 2) определение нестационарного потока при исследовании теплообмена в трубах.
9. Измерение тепловых потоков в экспериментах на ударных трубах.

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.
1. Создание и измерение тепловых потоков при электрическом обогреве поверхности теплообмена: 1) прямой электрообогрев; 2) косвенный электрический обогрев.
2. Создание и измерение теплового потока при электронном обогреве поверхности теплообмена.
3. Создание и измерение тепловых потоков при использовании вспомогательной жидкости. Метод толстостенной трубы.
4. Определение температуры поверхности теплообмена в стационарных условиях.

5. Определение среднемассовой температуры жидкости при исследовании теплообмена в условиях течения в трубах: 1) газы и неметаллические жидкости; 2) жидкие металлы; 3) химические реагирующие газовые смеси.
6. «Косвенные» методы определения коэффициентов теплоотдачи. Модифицированный метод Вильсона.
7. Определение коэффициентов теплоотдачи с помощью метода регулярного теплового режима охлаждения/нагрева тел.
8. Измерение тепловых потоков в нестационарных условиях: 1) метод двух точек; 2) определение нестационарного потока при исследовании теплообмена в трубах.
9. Измерение тепловых потоков в экспериментах на ударных трубах.
10. Использование трубки Пито для определения полей давления и скорости в потоках жидкости и газа.

2. Компетенция/Индикатор: ИД-ЗРПК-1 Способен к организации лабораторного эксперимента и обработке полученных экспериментальных данных

Вопросы, задания

- 1.10. Использование трубки Пито для определения полей давления и скорости в потоках жидкости и газа.
11. Измерение полей температуры в потоках жидкости и газа.
12. Термоанемометры и их применение для измерения полей скорости.
13. Волоконно-оптические преобразователи скорости и их применение для измерения полей скорости в потоках.
14. Бесконтактные методы измерения полей скорости: 1) Анемометрия по изображениям частиц (PIV); 2) Времяпролетный метод; 3) Лазерные доплеровские измерители скорости.
15. Измерение коэффициентов сопротивления трения при внешнем обтекании тел.
16. Измерение коэффициентов сопротивления трения при течении жидкости в трубах: 1) одномерная модель течения; 2) метод двух перепадов.
17. Измерение полей плотности в потоках газа: 1) Теневые методы; 2) Интерферометрический метод измерения полей плотности; 3) Рентгеновская томография; 4) Радиоизотопные методы.
18. Методы определения коэффициентов массоотдачи. Схемы экспериментальных установок для изучения кипения и конденсации.
19. Схемы экспериментальных установок для изучения теплообмена при течении жидкости в трубах.
20. Аэродинамические трубы: классификация, схемы установок, назначение и устройство основных элементов.
21. Экспериментальные стенды для отработки двигательных установок ракетно-космической техники.

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.11. Измерение полей температуры в потоках жидкости и газа.
12. Термоанемометры и их применение для измерения полей скорости.
13. Волоконно-оптические преобразователи скорости и их применение для измерения полей скорости в потоках.
14. Бесконтактные методы измерения полей скорости: 1) Анемометрия по изображениям частиц (PIV); 2) Времяпролетный метод; 3) Лазерные доплеровские измерители скорости.
15. Измерение коэффициентов сопротивления трения при внешнем обтекании тел.
16. Измерение коэффициентов сопротивления трения при течении жидкости в трубах: 1) одномерная модель течения; 2) метод двух перепадов.

17. Измерение полей плотности в потоках газа: 1) Теневые методы; 2) Интерферометрический метод измерения полей плотности; 3) Рентгеновская томография; 4) Радиоизотопные методы.
18. Методы определения коэффициентов массоотдачи. Схемы экспериментальных установок для изучения кипения и конденсации.
19. Схемы экспериментальных установок для изучения теплообмена при течении жидкости в трубах.
20. Аэродинамические трубы: классификация, схемы установок, назначение и устройство основных элементов.
21. Экспериментальные стенды для отработки двигательных установок ракетно-космической техники.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Правильные исчерпывающие ответы на оба теоретических вопроса

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: В целом правильные ответы на оба теоретических вопроса

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 30

Описание характеристики выполнения знания: В целом правильные ответы на один из двух теоретических вопросов билета

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Неудовлетворительные ответы на оба вопроса билета

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка по курсу выставляется как средняя от оценки за работу в семестре и оценки на экзамене, с округлением в большую сторону.