

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

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

**Наименование образовательной программы: Прикладная физика плазмы и управляемый
термоядерный синтез**

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Теплообмен и гидродинамика в термоядерных установках**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

А.В. Дедов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лукашевский М.В.
	Идентификатор	Re4b7e3cb-LukashevskyMV-6844ab

М.В.
Лукашевский

Заведующий
выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

А.В. Дедов

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 применять расчетно-теоретические методы и экспериментальные навыки исследования процессов, используемых в атомной энергетике, термоядерных исследованиях, плазменных установках

ИД-1 Владеет методами моделирования физических процессов в элементах конструкций термоядерных и ядерных установок и реакторов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Защита задания

1. Защита расчетного задания (Доклад)

Форма реализации: Письменная работа

1. Расчет теплообмена в термоядерных установках (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Защита лабораторной работы №1 "ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОГО КОНТУРА СТЕНДА ТВС", Защита лабораторной работы №2 "МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕННОГО ПАРА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ НАСЫЩЕНИЯ" (Лабораторная работа)

2. Защита лабораторной работы №3 "ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ЖИДКОСТИ. ИЗМЕРЕНИЕ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ТЕЧЕНИИ ЖИДКОСТИ В КАНАЛАХ", защита лабораторной работы №4 ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ НАГРЕВА СТЕНДА ТВС. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА (Лабораторная работа)

БРС дисциплины

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Защита лабораторной работы №1 "ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОГО КОНТУРА СТЕНДА ТВС", Защита лабораторной работы №2 "МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕННОГО ПАРА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ НАСЫЩЕНИЯ" (Лабораторная работа)

КМ-2 Расчет теплообмена в термоядерных установках (Контрольная работа)

КМ-3 Защита лабораторной работы №3 "ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ЖИДКОСТИ. ИЗМЕРЕНИЕ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ТЕЧЕНИИ ЖИДКОСТИ В КАНАЛАХ", защита лабораторной работы №4 ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ НАГРЕВА

СТЕНДА ТВС. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА (Лабораторная работа)
 КМ-4 Защита расчетного задания (Доклад)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	12	14	15
Термоядерные экспериментальные установки и реакторы. Системы охлаждения и термостабилизации.					
Термоядерные экспериментальные установки и реакторы.	+				
Системы охлаждения и термостабилизации.	+				
Основы экспериментальных методов исследования теплообмена и гидродинамики.					
Основы экспериментальных методов исследования теплообмена и гидродинамики.				+	
Режимы течения и теплообмена. Особенности течения и теплообмена в термоядерных реакторах и установках. Методы интенсификации теплообмена и критических тепловых потоков при кипении.					
Режимы течения и теплообмена.			+		
Особенности течения и теплообмена в термоядерных реакторах и установках.			+		
Методы интенсификации теплообмена и критических тепловых потоков при кипении.			+		
Численное моделирование течения и теплообмена в элементах конструкций термоядерных реакторах и установках.					
Численное моделирование течения и теплообмена в элементах конструкций термоядерных реакторах и установках.					+
Вес КМ:		20	20	20	40

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-1ПК-2 Владеет методами моделирования физических процессов в элементах конструкций термоядерных и ядерных установок и реакторов	Знать: Основы теории одно и двухфазного теплообмена, гидродинамики. Проблемы и процессы охлаждения и термостабилизации элементов термоядерных реакторов и установок, методы интенсификации теплообмена Основные конструктивные элементы систем теплообмена термоядерных и гибридных установок и реакторов. Методы экспериментального и численного моделирования задач течения и теплообмена в термоядерных и гибридных установках и реакторах Уметь: Планировать и проводить	КМ-1 Защита лабораторной работы №1 "ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОГО КОНТУРА СТЕНДА ТВС", Защита лабораторной работы №2 "МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕННОГО ПАРА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ НАСЫЩЕНИЯ" (Лабораторная работа) КМ-2 Расчет теплообмена в термоядерных установках (Контрольная работа) КМ-3 Защита лабораторной работы №3 "ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ЖИДКОСТИ. ИЗМЕРЕНИЕ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ТЕЧЕНИИ ЖИДКОСТИ В КАНАЛАХ", защита лабораторной работы №4 ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ НАГРЕВА СТЕНДА ТВС. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА (Лабораторная работа) КМ-4 Защита расчетного задания (Доклад)

		экспериментальные исследования гидродинамики и теплообмена в модельных элементах теплообменных и тепловоспринимающих устройств Рассчитывать тепловые режимы работы теплообменного и тепловоспринимающего оборудования термоядерных реакторов и установок. Выполнять численное моделирование гидродинамики и теплообмена в модельных элементах теплообменных и тепловоспринимающих устройств	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Защита лабораторной работы №1 "ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОГО КОНТУРА СТЕНДА ТВС", Защита лабораторной работы №2 "МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕННОГО ПАРА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ НАСЫЩЕНИЯ"

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Подготовка ответов на вопросы по билету, ответ с обсуждением результатов лабораторной работы.

Краткое содержание задания:

ЛРН^{№1}

1. Какую функцию выполняет автоматизированная система управления стендом?
2. Объясните назначение компенсатора давления.

ЛРН^{№2}

1. Дайте определение понятиям давление, абсолютное и избыточное давление. В чем их отличие? Запишите их связь.
2. Какими способами можно определить давление в системе? Опишите принцип работы приборов для измерения давления.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Основные конструктивные элементы систем теплообмена термоядерных и гибридных установок и реакторов. Методы экспериментального и численного моделирования задач течения и теплообмена в термоядерных и гибридных установках и реакторах	1. Из каких основных систем состоит экспериментальный стенд «Тепловыделяющая сборка»? Кратко расскажите о каждой из них.

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-2. Расчет теплообмена в термоядерных установках

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Письменные ответы на вопросы по вариантам.

Краткое содержание задания:

Расчет теплообмена при кипении. Критические тепловые потоки при кипении. Расчет гидравлического сопротивления при движении жидкости в каналах. Расчет теплообмена при вынужденном течении.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: Основы теории одно и двухфазного теплообмена, гидродинамики. Проблемы и процессы охлаждения и термостабилизации элементов термоядерных реакторов и установок, методы интенсификации теплообмена	1. С какой скоростью следует прокачивать воду, имеющую среднюю арифметическую температуру 150 °С, по трубе $d = 20$ мм и $l = 2,3$ м, чтобы при турбулентном режиме течения и средней температуре внутренней поверхности трубы 170 °С количество отводимой теплоты было равно 10 кВт? Определить также температуры воды на входе и выходе из трубы. При расчете учесть, что коэффициент теплоотдачи относится к среднеарифметической разности температур между стенкой и жидкостью.

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. Защита лабораторной работы №3 "ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ЖИДКОСТИ. ИЗМЕРЕНИЕ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ТЕЧЕНИИ ЖИДКОСТИ В КАНАЛАХ", защита лабораторной работы №4 ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ НАГРЕВА СТЕНДА ТВС. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Подготовка ответов на вопросы по билету, ответ с обсуждением результатов лабораторной работы.

Краткое содержание задания:

1. Дайте определение понятиям массовый и объемный расход теплоносителя. От чего зависят эти величины? Запишите их связь.
2. Зачем по ходу выполнения работы необходимо соблюдать условие стационарности параметров?
1. Какие типы электронагревательных элементов вы знаете? В чем их отличие?
2. Опишите методику определения тепловых потерь на рабочем участке.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: Планировать и проводить экспериментальные исследования гидродинамики и теплообмена в модельных элементах теплообменных и тепловоспринимающих устройств	1. Как определить мощность и максимальную силу тока нагревательного элемента?

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. Защита расчетного задания

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Доклад

Вес контрольного мероприятия в БРС: 40

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентами выполняется единое расчетное задание по дисциплине, состоящее из набора индивидуальных подзадач для каждого студента или бригад студентов. Студенты выполняют подзадачи, готовят общий отчет и презентацию, оформляют доклад на конференцию по итогам работы. При выполнении всех заданий проводится защита. Каждый из студентов(бригад) защищает свою часть работы, получая индивидуальную оценку.

Краткое содержание задания:

Моделирование гидродинамики и теплообмена в теплообменных и тепловоспринимающих устройствах термоядерных реакторов и установок

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: Рассчитывать тепловые режимы работы теплообменного и тепловоспринимающего оборудования термоядерных реакторов и установок. Выполнять численное моделирование гидродинамики и теплообмена в модельных элементах теплообменных и тепловоспринимающих устройств	1.Поясните этапы решения теплогидравлической задачи с помощью CFD?

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

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Термоядерные экспериментальные установки – основные типы и достигнутые результаты.
2. Метод решения дифференциальных уравнений сохранения, используемый в Ansys Fluent
3. На наружной поверхности трубы кипит вода под давлением 3,3 МПа. Плотность теплового потока на поверхности трубы составляет 175 кВт/м². Определить температуру поверхности трубы.

Процедура проведения

Устный экзамен.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-2} Владеет методами моделирования физических процессов в элементах конструкций термоядерных и ядерных установок и реакторов

Вопросы, задания

- 1.1. Возможности использования энергии термоядерного синтеза.
2. Особенности течения и теплообмена в закрученном потоке. Методики расчета теплообмена и КТП в закрученных потоках.
3. Вода с температурой 30 °С поступает в трубу с диаметром 12 мм и длиной 2,2 м. Определить температуру воды на выходе из трубы, если расход воды равен 0,10 кг/с и средняя температура внутренней поверхности трубы составляет 60 °С. Коэффициент теплоотдачи определен по среднеарифметической разности температур между стенкой и жидкостью.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какие преимущества и недостатки при использовании интенсификации теплообмена и КТП за счет нарезки резьбы и применения пористого покрытия?

Ответы:

- А) ухудшение теплоотдачи
- Б) недостатков нет
- В) нарушение целостности поверхности канала в следствии обработки и появление усталостных трещин
- Г) недостаточность экспериментального подтверждения значений критических тепловых нагрузок

Верный ответ: Г)

2. Как определить теплогидравлическую эффективность при интенсификации теплообмена?

Ответы:

- А) соотнести относительную интенсификацию теплообмена с относительным увеличением коэффициента гидравлического сопротивления в условиях одинаковой мощности на прокачку теплоносителя
- Б) соотнести относительную интенсификацию теплообмена с относительным увеличением коэффициента гидравлического сопротивления в условиях одинаковых скоростей течения теплоносителя
- В) соотнести относительную интенсификацию теплообмена с относительным увеличением коэффициента гидравлического сопротивления в условиях нормального атмосферного давления
- Г) соотнести относительную интенсификацию теплообмена с относительным увеличением коэффициента гидравлического сопротивления в условиях одинаковых потерь давления

Верный ответ: А

3. Что такое кризис теплообмена при кипении?

Ответы:

- А) значительное улучшение теплоотдачи в конце ветви пузырькового кипения
- Б) значительное ухудшение теплоотдачи в конце ветви пузырькового кипения
- В) переход от кипения к однофазной конвекции
- Г) прекращение генерации пара

Верный ответ: А)

4. Какие значения коэффициента теплоотдачи характерны для кипения воды в состоянии насыщения при атмосферном давлении в большом объеме?

Ответы:

- А) 100 Вт/м²К
- Б) 1 кВт/м²К
- В) 100 кВт/м²К
- Г) 1 МВт/м²К

Верный ответ: В

5. Какие основные отличия теплообмена при кипении в потоке насыщенной жидкости от теплообмена при вынужденной однофазной конвекции?

Ответы:

- А) нет отличий
- Б) уменьшение коэффициента теплоотдачи в двухфазном потоке в сравнении с однофазным
- В) наличие паровой фазы приводит к увеличению гидравлического сопротивления и прекращению циркуляции теплоносителя
- Г) нелинейная зависимость теплового потока от температурного напора

Верный ответ: Г

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 за освоение дисциплины рассчитывается на основании балла текущего контроля за семестр и оценки за экзамен по формуле, определяемой БАРС.