

**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
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень,
ученое звание)

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

(подпись)

М.В.

Лукашевский

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень,
ученое звание)

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

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка
подписи)

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

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

\$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-1ПК-2 Владеет методами моделирования физических процессов в элементах конструкций термоядерных и ядерных установок и реакторов	<p>Знать:</p> <p>Основы теории одно и двухфазного теплообмена, гидродинамики. Проблемы и процессы охлаждения и термостабилизации элементов термоядерных реакторов и установок, методы интенсификации теплообмена</p> <p>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</p> <p>Уметь:</p> <p>Планировать и проводить</p>	<p>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)</p> <p>Расчет теплообмена в термоядерных установках (Контрольная работа)</p> <p>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)</p> <p>Защита расчетного задания (Доклад)</p>

		<p>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</p>	
--	--	--	--

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:

ЛР№1

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

ЛР№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:

<p>Знать: Основные конструктивные элементы систем термоядерных и гибридных установок и реакторов. Методы экспериментального и численного моделирования задач течения и теплообмена в термоядерных и гибридных установках и реакторах</p>	<p>1. Из каких основных систем состоит экспериментальный стенд «Тепловыделяющая сборка»? Кратко расскажите о каждой из них.</p>
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

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:

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

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

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

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:

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

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

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

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:

<p>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</p>	<p>1.Поясните этапы решения теплогидравлической задачи с помощью CFD?</p>
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

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

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

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

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

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.