

**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: Термоядерные реакторы и плазменные установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Методы инженерных расчетов**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Вершинина Ю.В.
	Идентификатор	Rf52fe8a1-SmorchkovaYV-ce7575e

Ю.В.
Вершинина

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

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

А.В. Дедов

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 к участию в лабораторном и численном эксперименте, обработке опытных данных

ИД-5 Владеет навыками выполнения расчетов гидродинамики и теплообмена с использованием современных программных средств

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Компьютерное задание

1. КМ-3 (Расчетно-графическая работа)
2. КМ-4 (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Устная форма

1. КМ-1 (Тестирование)
2. КМ-2 (Тестирование)

БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Архитектура современных CFD кодов. Общие принципы использования программных комплексов для инженерного анализа задач гидродинамики и теплообмена					
Архитектура современных CFD кодов. Общие принципы использования программных комплексов для инженерного анализа задач гидродинамики и теплообмена	+				
Математическое описание процессов гидродинамики и теплообмена					
Математическое описание процессов гидродинамики и теплообмена			+		
Постановка задачи. Создание геометрии расчетной области и расчетной сетки					
Постановка задачи. Создание геометрии расчетной области и расчетной сетки				+	
Решение задачи. Визуализация и анализ полученных результатов численного моделирование гидродинамики и теплообмена					

Решение задачи. Визуализация и анализ полученных результатов численного моделирование гидродинамики и теплообмена				+
Вес КМ:	20	20	30	30

\$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-5ПК-2 Владеет навыками выполнения расчетов гидродинамики и теплообмена с использованием современных программных средств	Знать: Принципы использования программных комплексов для инженерного анализа задач гидродинамики и теплообмена Математические модели типовых задач гидродинамики и теплообмена Уметь: Выполнять численное моделирование гидродинамики и теплообмена в различных устройствах с помощью современных программных комплексов Визуализировать и анализировать полученные результаты численного моделирования гидродинамики и теплообмена	КМ-1 (Тестирование) КМ-2 (Тестирование) КМ-3 (Расчетно-графическая работа) КМ-4 (Расчетно-графическая работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. КМ-1

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студент получает вариант с заданием и отвечает на вопросы.

Краткое содержание задания:

Проверка знаний принципов использования программных комплексов для инженерного анализа задач гидродинамики и теплообмена

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Принципы использования программных комплексов для инженерного анализа задач гидродинамики и теплообмена	1.Сформулируйте основные этапы численного решения задачи гидродинамики и теплообмена 2.Как можно упростить геометрию задачи 3.В чем преимущества и недостатки численного моделирования перед натурным экспериментом 4.Что необходимо определить перед построением сетки контрольных объемов? 5.Какие программные комплексы для численного решения задач гидродинамики и теплообмена Вам известны? В чем их преимущества и недостатки?
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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: 70

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: 60

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. КМ-2

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студент получает задание, выполняет его на компьютере и сдает преподавателю.

Краткое содержание задания:

Проверка знаний принципов использования программных комплексов для инженерного анализа задач гидродинамики и теплообмен

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Математические модели типовых задач гидродинамики и теплообмена	1. Назовите основные уравнения, входящие в математическую модель 2. Какие сложности возникают при моделировании турбулентных течений? 3. Назовите известные Вам модели турбулентности, их преимущества и недостатки. 4. Какие граничные и начальные условия для задач гидродинамики и теплообмена необходимо задать. 5. Какой метод численного решения дифференциальных уравнений сохранения используется в программных комплексах вычислительной гидродинамики?
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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: 70

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: 60

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-3. КМ-3

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнения задания на компьютере в программном комплексе вычислительной гидродинамики

Краткое содержание задания:

Защита первой части расчетного задания

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: Выполнять численное	1. Жидкость течет в толстостенной трубе круглого
----------------------------	--

моделирование гидродинамики и теплообмена в различных устройствах с помощью современных программных комплексов	сечения. Внешний диаметр трубы 20 мм, толщина стенки 5 мм, длина трубы 100 мм. Данные задачи: жидкость – вода, скорость жидкости на входе в трубу 0,1 м/с, температура жидкости на входе в трубу 20 °С, материал трубы – медь, стенка трубы нагревается объемно с объемной плотностью энергии $qv = 100 \text{ МВт/м}^3$. Построить: геометрию задачи и расчетную сетку 2. Жидкость течет в кольцевом канале. Внутренний диаметр канала 10 мм, внешний диаметр канала 50 мм. Данные задачи: жидкость – вода, скорость жидкости на входе в трубу 0,01 м/с, температура жидкости на входе в трубу 20 °С, внешняя поверхность канала воспринимает тепловой поток $q = 2 \text{ МВт/м}^2$, внутренняя поверхность канала воспринимает тепловой поток $q = 1 \text{ МВт/м}^2$. Построить: геометрию задачи и расчетную сетку 3. Жидкость течет в тонкостенной трубе с плавным поворотом на 90 градусов. Диаметр трубы 20 мм, длина отрезков трубы до и после поворота 50 мм. Данные задачи: жидкость – вода, скорость жидкости на входе в трубу 0,02 м/с, температура жидкости на входе в трубу 20 °С, температура стенки трубы 80 °С. Построить: геометрию задачи и расчетную сетку 4. Жидкость течет в тонкостенной трубе с плавным поворотом на 180 градусов. Диаметр трубы 10 мм, длина отрезков трубы до и после поворота 30 мм. Данные задачи: жидкость – вода, скорость жидкости на входе в трубу 0,015 м/с, температура жидкости на входе в трубу 20 °С, стенка трубы воспринимает тепловой поток $q = 1 \text{ МВт/м}^2$. Построить: геометрию задачи и расчетную сетку 5. Жидкость течет в тонкостенной трубе с плавным сужением (конфузор). Размеры: $D1 = 60 \text{ мм}$, $D2 = 30 \text{ мм}$, $L1 = 100 \text{ мм}$, $L2 = 70 \text{ мм}$. Данные задачи: жидкость – вода, скорость жидкости на входе 0,01 м/с, температура жидкости на входе 20 °С, стенка трубы воспринимает тепловой поток $q = 1 \text{ МВт/м}^2$. Построить: геометрию задачи и расчетную сетку
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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: 70

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: 60

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-4. КМ-4

Формы реализации: Компьютерное задание

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнения задания на компьютере в программном комплексе вычислительной гидродинамики

Краткое содержание задания:

Защита второй части расчетного задания

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: Визуализировать и анализировать полученные результаты численного моделирование гидродинамики и теплообмена	1. Жидкость течет в толстостенной трубе круглого сечения. Внешний диаметр трубы 20 мм, толщина стенки 5 мм, длина трубы 100 мм. Данные задачи: жидкость – вода, скорость жидкости на входе в трубу 0,1 м/с, температура жидкости на входе в трубу 20 °С, материал трубы – медь, стенка трубы нагревается объемно с объемной плотностью энергии $qv = 100 \text{ МВт/м}^3$. Построить: Поле температуры в осевом сечении, поле скорости в осевом сечении, график зависимости температуры от поперечной координаты в выходном сечении. 2. Жидкость течет в кольцевом канале. Внутренний диаметр канала 10 мм, внешний диаметр канала 50 мм. Данные задачи: жидкость – вода, скорость жидкости на входе в трубу 0,01 м/с, температура жидкости на входе в трубу 20 °С, внешняя поверхность канала воспринимает тепловой поток $q = 2 \text{ МВт/м}^2$, внутренняя поверхность канала воспринимает тепловой поток $q = 1 \text{ МВт/м}^2$. Построить: Поле температуры в осевом сечении, поле давления в осевом сечении, график зависимости температуры от поперечной координаты в выходном сечении. 3. Жидкость течет в тонкостенной трубе с плавным поворотом на 90 градусов. Диаметр трубы 20 мм, длина отрезков трубы до и после поворота 50 мм. Данные задачи: жидкость – вода, скорость жидкости на входе в трубу 0,02 м/с, температура жидкости на
---	--

	входе в трубу 20 °С, температура стенки трубы 80 °С. Построить: Поле температуры в осевом сечении, поле давления в осевом сечении, график зависимости скорости жидкости от поперечной координаты в выходном сечении. 4. Жидкость течет в тонкостенной трубе с плавным поворотом на 180 градусов. Диаметр трубы 10 мм, длина отрезков трубы до и после поворота 30 мм. Данные задачи: жидкость – вода, скорость жидкости на входе в трубу 0,015 м/с, температура жидкости на входе в трубу 20 °С, стенка трубы воспринимает тепловой поток $q = 1 \text{ МВт/м}^2$. Построить: Поле температуры в осевом сечении, поле давления в осевом сечении, график зависимости скорости жидкости от поперечной координаты в выходном сечении. 5. Жидкость течет в тонкостенной трубе с плавным сужением (конфузор). Размеры: $D1 = 60 \text{ мм}$, $D2 = 30 \text{ мм}$, $L1 = 100 \text{ мм}$, $L2 = 70 \text{ мм}$. Данные задачи: жидкость – вода, скорость жидкости на входе 0,01 м/с, температура жидкости на входе 20 °С, стенка трубы воспринимает тепловой поток $q = 1 \text{ МВт/м}^2$. Построить: Поле температуры в осевом сечении, линии тока жидкости, график зависимости давления жидкости от осевой координаты.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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: 70

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: 60

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

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

1. Сформулируйте основные этапы численного решения задачи гидродинамики и теплообмена
Жидкость течет в толстостенной трубе круглого сечения. Внешний диаметр трубы 20 мм, толщина стенки 5 мм, длина трубы 100 мм.
2. Данные задачи: жидкость – вода, скорость жидкости на входе в трубу 0,1 м/с, температура жидкости на входе в трубу 20 °С, материал трубы – медь, стенка трубы нагревается объемно с объемной плотностью энергии $qv = 100 \text{ МВт/м}^3$.
Получить: Поле температуры в осевом сечении, поле скорости в осевом сечении, график зависимости температуры от поперечной координаты в выходном сечении.

Процедура проведения

Устный зачет по билетам.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-5ПК-2 Владеет навыками выполнения расчетов гидродинамики и теплообмена с использованием современных программных средств

Вопросы, задания

- 1.1. Сформулируйте основные этапы численного решения задачи гидродинамики и теплообмена
Жидкость течет в толстостенной трубе круглого сечения. Внешний диаметр трубы 20 мм, толщина стенки 5 мм, длина трубы 100 мм.
2. Данные задачи: жидкость – вода, скорость жидкости на входе в трубу 0,1 м/с, температура жидкости на входе в трубу 20 °С, материал трубы – медь, стенка трубы нагревается объемно с объемной плотностью энергии $qv = 100 \text{ МВт/м}^3$.
Получить: Поле температуры в осевом сечении, поле скорости в осевом сечении, график зависимости температуры от поперечной координаты в выходном сечении.
- 2.1. В чем преимущества и недостатки численного моделирования перед натурным экспериментом
2. Жидкость течет в кольцевом канале. Внутренний диаметр канала 10 мм, внешний диаметр канала 50 мм.
Данные задачи: жидкость – вода, скорость жидкости на входе в трубу 0,01 м/с, температура жидкости на входе в трубу 20 °С, внешняя поверхность канала воспринимает тепловой поток $q = 2 \text{ МВт/м}^2$, внутренняя поверхность канала воспринимает тепловой поток $q = 1 \text{ МВт/м}^2$.
Получить: Поле температуры в осевом сечении, поле давления в осевом сечении, график зависимости температуры от поперечной координаты в выходном сечении.
- 3.1. Что необходимо определить перед построением сетки контрольных объемов?
2. Жидкость течет в тонкостенной трубе с плавным поворотом на 90 градусов. Диаметр трубы 20 мм, длина отрезков трубы до и после поворота 50 мм.
Данные задачи: жидкость – вода, скорость жидкости на входе в трубу 0,02 м/с, температура жидкости на входе в трубу 20 °С, температура стенки трубы 80 °С.

Получить: Поле температуры в осевом сечении, поле давления в осевом сечении, график зависимости скорости жидкости от поперечной координаты в выходном сечении.

4.1. Назовите основные уравнения, входящие в математическую модель

2. Жидкость течет в тонкостенной трубе с плавным поворотом на 180 градусов. Диаметр трубы 10 мм, длина отрезков трубы до и после поворота 30 мм.

Данные задачи: жидкость – вода, скорость жидкости на входе в трубу 0,015 м/с, температура жидкости на входе в трубу 20 °С, стенка трубы воспринимает тепловой поток $q = 1 \text{ МВт/м}^2$.

Построить: Поле температуры в осевом сечении, поле давления в осевом сечении, график зависимости скорости жидкости от поперечной координаты в выходном сечении.

5.1. Назовите известные Вам модели турбулентности, их преимущества и недостатки.

2. Жидкость течет в тонкостенной трубе с плавным сужением (конфузор). Размеры: $D_1 = 60 \text{ мм}$, $D_2 = 30 \text{ мм}$, $L_1 = 100 \text{ мм}$, $L_2 = 70 \text{ мм}$.

Данные задачи: жидкость – вода, скорость жидкости на входе 0,01 м/с, температура жидкости на входе 20 °С, стенка трубы воспринимает тепловой поток $q = 1 \text{ МВт/м}^2$.

Построить: Поле температуры в осевом сечении, линии тока жидкости, график зависимости давления жидкости от осевой координаты.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.1. Определите режим течения теплоносителя в круглой трубе диаметром $d = 10 \text{ мм}$. Теплоноситель вода, скорость течения - 0,5 м/с, температура 20 С, давление 1 МПа.

Ответы:

1. Ламинарный
2. Турбулентный
3. Переходный

Верный ответ: 2. Турбулентный

2.2. Какой подход к моделированию турбулентности используют в большинстве инженерных расчетов?

Ответы:

1. RANS
2. DNS
3. LES

Верный ответ: 1. RANS

3.3. Какой подход к моделированию турбулентности является самым точным?

Ответы:

1. LES
2. RANS
3. DNS

Верный ответ: 3. DNS

4.4. Как замыкается математическая модель в случае использования RANS подхода для моделирования турбулентности?

Ответы:

1. С помощью моделей турбулентности
2. Замкнуть математическую модель нельзя
3. С помощью точного решения уравнений Навье-Стокса

Верный ответ: 1. С помощью моделей турбулентности

5.5. Какие значения принимает безразмерная координата y^+ при использовании k-ε модели турбулентности?

Ответы:

1. < 1
2. > 1000

3.30 - 100

Верный ответ: 3. 30 - 100

6.6. Какие значения принимает безразмерная координата y^+ при использовании SST $k-\omega$ модели турбулентности?

Ответы:

1. ~1

2. >1000

3. 30 - 100

Верный ответ: 1. ~1

7.7. Теплоноситель течет в круглой трубе диаметром $d = 10$ мм. Теплоноситель вода, скорость течения - 0,5 м/с, температура 20 С, давление 1 МПа.

Рассчитайте высоту первого контрольного объема у стенки, y^+ принять равной 50.

Ответы:

1. 2,08 мм

2. 0,73 мм

3. 0,52 мм

Верный ответ: 2. 0,73 мм

8.8. Теплоноситель течет в круглой трубе диаметром $d = 16$ мм. Теплоноситель вода, скорость течения - 0,2 м/с, температура 20 С, давление 1 МПа.

Рассчитайте высоту первого контрольного объема у стенки, y^+ принять равной 1.

Ответы:

1. 0,035 мм

2. 0,95 мм

3. 2,15 мм

Верный ответ: 1. 0,035 мм

9.9. Сколько дополнительных уравнений включается в математическую модель при использовании стандартной $k-\epsilon$ модели турбулентности?

Ответы:

1. 5

2. 1

3. 2

Верный ответ: 3. 2

10.10. Теплоноситель течет в круглой трубе диаметром $d = 20$ мм. Теплоноситель вода, скорость течения - 0,3 м/с, температура 20 С, давление 1 МПа.

Рассчитайте высоту первого контрольного объема у стенки, y^+ принять равной 30.

Ответы:

1. 3,00 мм

2. 0,13 мм

3. 0,75 мм

Верный ответ: 3. 0,75 мм

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

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: 70

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: 60

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Мероприятия текущего контроля не выполнены

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»