

**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: Физико-технические проблемы атомной энергетики

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Теплогидравлика ЯЭУ**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мелихов В.И.
	Идентификатор	Rf4bcd4b-MelikhovVI-7cf385d8

В.И. Мелихов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мелихов О.И.
	Идентификатор	Re9797a97-MelikhovOI-83f385d8

О.И.
Мелихов

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хвостова М.С.
	Идентификатор	R5ead212f-KhvastovaMS-a4cf11ca

М.С.
Хвостова

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 Владеет расчетно-теоретическими и экспериментальными методами исследования теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в энергетическом оборудовании

ИД-4 Владеет знаниями в области многофазной теплогидравлики, лежащими в основе современных методов и подходов к исследованию нестационарных тепло-гидравлических процессов

2. РПК-1 Способен анализировать и моделировать физические процессы в элементах энергетического оборудования

ИД-1 Имеет практические навыки применения измерительных приборов и техники эксперимента, навыки постобработки экспериментальных данных и способен провести анализ погрешностей определяемых величин

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Основные физические свойства жидкостей. . Основы кинематики и динамики жидкости. Гидравлический удар в трубах (Контрольная работа)

2. Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах. Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб (Контрольная работа)

3. Уравнения двухфазного потока. Площадь межфазной поверхности. Межфазное трение. Критическое истечение (Контрольная работа)

4. Уравнения конвективного теплообмена. Гидродинамический и тепловой пограничные слои (Контрольная работа)

БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Гидравлика					
Основные физические свойства жидкостей		+			
Основы кинематики и динамики жидкости		+			
Гидравлический удар		+			

Основы теории подобия, моделирования и анализа размерностей	+			
Гидродинамика и конвективный теплообмен				
Основные положения учения о конвективном теплообмене	+	+	+	+
Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности	+	+		+
Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах	+	+		+
Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб	+	+		+
Теплоотдача при свободном движении жидкости.	+	+		+
Двухфазные потоки				
Система уравнений сохранения двухфазного потока		+	+	+
Площадь межфазной поверхности		+	+	+
Межфазное трение		+	+	+
Трение о стенку канала		+	+	+
Критическое истечение		+	+	+
Противоточные течения		+	+	+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$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-4 _{ПК-2} Владеет знаниями в области многофазной теплогидравлики, лежащими в основе современных методов и подходов к исследованию нестационарных теплогидравлических процессов	Знать: Теоретические и экспериментальные основы теплогидравлики Основные теплогидравлические процессы и явления, имеющие место на ядерных энергетических установках, и математические методы их моделирования и расчета Современные компьютерные коды для анализа безопасности АЭС Уметь: Определять закономерности теплогидравлических процессов, протекающих на ЯЭУ	Основные физические свойства жидкостей. . Основы кинематики и динамики жидкости. Гидравлический удар в трубах (Контрольная работа) Уравнения конвективного теплообмена. Гидродинамический и тепловой пограничные слои (Контрольная работа) Уравнения двухфазного потока. Площадь межфазной поверхности. Межфазное трение. Критическое истечение (Контрольная работа)
РПК-1	ИД-1 _{РПК-1} Имеет практические навыки применения измерительных приборов	Уметь: Анализировать информацию о новых расчетных и	Основные физические свойства жидкостей. . Основы кинематики и динамики жидкости. Гидравлический удар в трубах (Контрольная работа) Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах.

	и техники эксперимента, навыки постобработки экспериментальных данных и способен провести анализ погрешностей определяемых величин	экспериментальных методах исследования теплогидравлики ЯЭУ Выполнять расчетное и экспериментальное исследование теплогидравлических процессов	Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб (Контрольная работа)
--	--	--	---

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Основные физические свойства жидкостей. . Основы кинематики и динамики жидкости. Гидравлический удар в трубах

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается задание, состоящее из пяти задач. Решение необходимо представить в течение трех дней.

Краткое содержание задания:

Надо решить задачи и ответить на вопросы.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Теоретические и экспериментальные основы теплогидравлики	1. Как определяются потери напора при равномерном движении жидкости в трубе?
Уметь: Выполнять расчетное и экспериментальное исследование теплогидравлических процессов	Определить скорость, соответствующую переходу ламинарного режима движения жидкости в турбулентный, если диаметр трубопровода $d = 100$ мм, кинематический коэффициент вязкости жидкости $\nu = 1,01 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. 1.

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

Оценка: 2

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

КМ-2. Уравнения конвективного теплообмена. Гидродинамический и тепловой пограничные слои

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается задание, состоящее из пяти задач. Решение необходимо представить в течение трех дней.

Краткое содержание задания:

Надо решить задачи и ответить на вопросы.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Современные компьютерные коды для анализа безопасности АЭС	1. В чем состоят особенности переноса теплоты и импульса при турбулентном режиме движения?
Уметь: Определять закономерности теплогидравлических процессов, протекающих на ЯЭУ	Определить коэффициент теплоотдачи при обтекании бесконечной пластины потоком воздуха со скоростью 0,4 м/с на расстояниях от переднего края пластины: 1) $x=0,1$ м; 2) $x=0,5$ м; 3) $x=1,0$ м. Давление 1 атм, температура 30 °С, коэффициент теплопроводности воздуха 0,0267 Вт/(м·К). Кинематическая вязкость воздуха $16 \cdot 10^{-6}$ м ² /с, число Прандтля 0,712. 1.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 2

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

КМ-3. Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах. Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается задание, состоящее из пяти задач. Решение необходимо представить в течение трех дней.

Краткое содержание задания:

Надо решить задачи и ответить на вопросы

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: Анализировать информацию о новых расчетных и экспериментальных методах исследования теплогидравлики ЯЭУ	На плоскую пластину набегающий поток газа со скоростью 8,2 м/с и температурой 70 °С, формируется турбулентный пограничный слой. На некотором расстоянии от передней кромки пластины толщина пограничного слоя составляет 20,1 мм, температура стенки 58,7 °С. Определить коэффициент трения на стенке и число Стантона. Плотность газа $1,225 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, динамическая вязкость $18,1 \cdot 10^{-6}$ Па·с, теплоемкость $1005 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$, число Прандтля 1. 1.
--	--

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

Оценка: 2

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

**КМ-4. Уравнения двухфазного потока. Площадь межфазной поверхности.
Межфазное трение. Критическое истечение**

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается задание, состоящее из пяти задач. Решение необходимо представить в течение трех дней.

Краткое содержание задания:

Надо решить задачи и ответить на вопросы.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Основные теплогидравлические процессы и явления, имеющие место на ядерных энергетических установках, и математические методы их моделирования и расчета	1.Как определяется площадь межфазной поверхности в пузырьковом/дисперсном режимах?
--	--

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

Оценка: 2

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

НИУ «МЭИ»	Экзаменационный билет № _____	Утверждаю Зав.кафедрой _____ Аникеев А.В « » _____ 20 г.
	Кафедра АЭС	Дисциплина: Теплогидравлика ЯЭУ
		Институт ТАЭ группы ТФ 11, 12
1. Расход и средняя скорость потока. Уравнение неразрывности потока 2. Теплоотдача при поперечном омывании одиночной круглой трубы. <i>Характер течения. Коэффициент теплоотдачи.</i>		

Процедура проведения

Студент после получения билета готовится в аудитории в течение 20 минут, после чего раскрывает содержание вопросов в ходе устной беседы с преподавателем.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-4_{ПК-2} Владеет знаниями в области многофазной теплогидравлики, лежащими в основе современных методов и подходов к исследованию нестационарных тепло-гидравлических процессов

Вопросы, задания

1. Интегрирование уравнения Эйлера для установившегося движения жидкости. Уравнение Бернулли.
2. Особенности движения и теплообмена в трубах. *Участок гидродинамической стабилизации. Участок тепловой стабилизации. Коэффициент теплоотдачи трубы.*
3. Режимы движения жидкости (*ламинарный и турбулентный*). Потери напора при равномерном движении. *Формула Дарси-Вейсбаха.*
4. Способы определения потерь напора при равномерном движении жидкости. Местные гидравлические сопротивления.
5. Физическая сущность обычного гидравлического удара. Физическая сущность конденсационного гидроудара.
6. Гидродинамические критерии подобия (критерий Рейнольдса, критерий Фруда, критерий Вебера).
7. Турбулентный перенос теплоты и количества движения. Осредненное и пульсационное течения. Перенос теплоты и количества движения в турбулентном потоке. Система уравнений турбулентного пограничного слоя.

8. Пространственно-временное осреднение параметров. Вывод уравнений сохранения массы двухфазного потока (двухскоростное двухтемпературное приближение).
9. Теплоотдача при поперечном омывании пучков труб. Характер течения жидкости в пучке. Коэффициент теплоотдачи.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Как изменяется динамическая вязкость воды с увеличением температуры?

Ответы:

1. Уменьшается
2. Увеличивается
3. Не изменяется

Верный ответ: Уменьшается

2. Какой характер согласно формулы Дарси-Вейсбаха имеет зависимость потерь напора от скорости?

Ответы:

1. Линейный
2. Квадратичный
3. Кубический

Верный ответ: Квадратичный

3. Каковы характерные значения количества циклов гидроудара в трубе, наблюдаемых в экспериментах?

Ответы:

1. 2-3
2. 10-12
3. 90-100

Верный ответ: 10-12

4. Что позволяет сделать пи-теорема?

Ответы:

1. Уменьшить число членов в уравнении, описывающем некоторый физический процесс.
2. Определить вид зависимости, связывающей параметры некоторого физического процесса.
3. Определить параметры слабо влияющие на протекание некоторого физического процесса и отбросить их.

Верный ответ: Уменьшить число членов в уравнении, описывающем некоторый физический процесс

5. Свободная конвекция возникает в жидкости, имеющей что?

Ответы:

1. Неоднородную вязкость
2. Неоднородную плотность
3. Неоднородную теплопроводность

Верный ответ: Неоднородную плотность

6. Молекулярная вязкость это свойство жидкости?

Ответы:

1. Да
2. Нет

Верный ответ: Да

2. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{РПК-1} Имеет практические навыки применения измерительных приборов и техники эксперимента, навыки постобработки экспериментальных данных и способен провести анализ погрешностей определяемых величин

Вопросы, задания

1. Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности.
- Теплоотдача при ламинарном пограничном слое. Аппроксимация профиля скорости.
- Аппроксимация профиля температуры. Толщина теплового пограничного слоя.
- Коэффициент теплоотдачи.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Как изменяется скорость движения капельной жидкости при увеличении площади проходного сечения?

Ответы:

1. Уменьшается
2. Увеличивается
3. Не изменяется

Верный ответ: Уменьшается

2. Какую размерность имеют члены, составляющие уравнение Бернулли?

Ответы:

1. Размерность давления
2. Размерность длины
3. Размерность силы

Верный ответ: Размерность длины

3. Какой физический смысл критерия Рейнольдса?

Ответы:

1. Отношение кинетической энергии жидкости к работе сил вязкого трения
2. Отношение потенциальной энергии жидкости к работе сил давления
3. Отношение кинетической энергии жидкости к работе сил поверхностного натяжения

Верный ответ: Отношение кинетической энергии жидкости к работе сил вязкого трения

4. Турбулентная вязкость это свойство жидкости?

Ответы:

1. Да
2. Нет

Верный ответ: Нет

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

Оценка: 2

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

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»