

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Обнинский институт атомной энергетики –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ Ядерной физики и технологий

Одобрено на заседании

УМС ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Протокол № 1-8/2022 от 30.08.2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ТРЕХМЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

название дисциплины

для студентов направления подготовки

14.04.01 ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОФИЗИКА

название специальности/направления подготовки

образовательная программа

Эксплуатация атомных станций и установок

название специализации/профиля

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2022 г.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения ООП специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-3	способен владеть основами проектирования и конструирования оборудования	З-ПК-3 знать основы компьютерных и информационных технологий У-ПК-3 уметь работать с документацией по эксплуатации систем, оборудования, средств измерения, контроля, управления, автоматике, средств вычислительной техники В-ПК-3 владеть навыками оформления результатов проведенных измерений, расчетов и других работ при проектировании и конструировании оборудования

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина реализуется в рамках профессионального модуля, дисциплины по выбору.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

- Методы и алгоритмы решения нейтронно-физических задач
- Дифференциальные и интегральные уравнения
- Численные методы

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

- Расчетное обеспечение эксплуатации ядерных реакторов
- Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 и 8 семестрах.

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид работы	Форма обучения (вносятся данные по реализуемым формам)					
	Очная			Заочная		
	Семестр			Курс		
	№ 7	№ 8	Всего	№ _	№ _	Всего
	Количество часов на вид работы:					
Контактная работа обучающихся с преподавателем						
Аудиторные занятия (всего)	32					
В том числе:						
<i>лекции</i> <i>(лекции в интерактивной форме)</i>	-					
<i>практические занятия</i> <i>(практические занятия в интерактивной форме)</i>	32					
<i>лабораторные занятия</i>	-					
Промежуточная аттестация						
В том числе:						
<i>зачет</i>	0					
<i>экзамен</i>	-					
Самостоятельная работа обучающихся						
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	76					
В том числе:						
проработка учебного материала	20					
подготовка отчетов по лабораторным работам	20					
подготовка к зачету/экзамену	20					
Всего (часы):	144					
Всего (зачетные единицы):	4					

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы в часах (вносятся данные по реализуемым формам)									
		Очная форма обучения					Заочная форма обучения				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО	Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1.	Введение.		0	0		15					
1.1.	Общая характеристика и задачи моделирования		2			3					
1.2.	Экспериментальное и расчетное моделирование		2			6					
1.3.	Расчет теплопереноса		2			3					
1.4.	Математические модели теплогидравлических процессов		2			3					
1.5.	Компьютерное моделирование		2			3					
2.	Математические модели, используемые для описания нестационарных многомерных теплогидравлических процессов в ядерных реакторах.		0			15					
2.1.	Описание движущихся сплошных сред		2			3					
2.2.	Уравнения сохранения импульса		2			4					
2.3.	Использование осреднения при постановке задач моделирования		2			4					
2.4.	Замкнутые системы уравнений для простейших моделей		2			6					

3.	Математические модели для расчета гидродинамики и теплопереноса в ТВС и активных зонах на основе многомерных моделей сплошной среды		0			15					
3.1.	Введение осредненных характеристик среды		2			5					
3.2.	Модель пористой среды		2			5					
3.3.	Граничные условия		2			3					
4.	Методы расчета теплопроводности в отдельных элементах реактора.		0			15					
4.1.	Аналитические методы решения уравнения теплопроводности		2			5					
4.2.	Явные методы решения		2			5					
4.3.	Методы релаксации		2			5					
4.4.	Неявный метод переменных направлений		2			5					
	Итого за 2 семестр:		0			60					
	Всего:		32			76					

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Введение.	
1.1.	Общая характеристика и задачи моделирования	Общая характеристика и задачи моделирования при физических исследованиях и проектировании ядерных реакторов. Различие и связь нейтронно-физических и теплогидравлических процессов в ядерных реакторах.
1.2.	Экспериментальное и расчетное моделирование	Экспериментальное и расчетное моделирование процессов в ядерных реакторах. Место расчетного моделирования теплогидравлических процессов при проектировании и исследованиях.
1.3.	Расчет теплопереноса	Расчет теплопереноса, полей температур, термодинамический и гидродинамический расчеты - составные части теплогидравлического расчетного моделирования реакторов.
1.4.	Математические модели теплогидравлических процессов	Одномерные, двумерные, трехмерные, стационарные и нестационарные математические модели теплогидравлических процессов. Трудности, возникающие при использовании многомерных моделей.
1.5.	Компьютерное моделирование	Использование компьютеров и компьютерных программ для теплогидравлического моделирования. Роль экспериментальных исследований в обосновании методов расчетного моделирования теплогидравлических процессов в ядерных реакторах.
2.	Математические модели, используемые для описания нестационарных многомерных теплогидравлических процессов в ядерных реакторах.	
2.1.	Описание движущихся сплошных сред	Описание движущихся сплошных сред по Лагранжу и по Эйлеру. Субстанциональные производные и их выражение через частные производные при эйлеровом описании сплошных сред.

2.2.	Уравнения сохранения импульса	Интегральная и дифференциальная формы уравнений сохранения импульса, массы и энергии в сплошных средах.
2.3.	Использование осреднения при постановке задач моделирования	Использование осреднения при постановке задач моделирования теплогидравлических процессов в реакторах. Трудности введения средних характеристик систем, описываемых нелинейными уравнениями.
2.4.	Замкнутые системы уравнений для простейших моделей	Замкнутые системы уравнений для простейших моделей реакторов и реакторных элементов: уравнения теплопроводности, энергии, гидродинамики для сплошных сред без учета фазовых превращений.
3.	Математические модели для расчета гидродинамики и теплопереноса в ТВС и активных зонах на основе многомерных моделей сплошной среды.	
3.1.	Введение осредненных характеристик среды	Представление твэльных сборок эквивалентными пористыми средами с распределенными источниками тепловыделения. Введение осредненных характеристик среды: средней скорости и среднего давления теплоносителя, средней температуры среды.
3.2.	Модель пористой среды	Определяющая система дифференциальных уравнений модели пористой среды. Учет естественной конвекции теплоносителя. Модели для расчета распределенного сопротивления, теплопроводности, теплоемкости пористой среды.
3.3.	Граничные условия	Использование модели пористой среды для построения интегральных теплогидродинамических моделей реактора. Условия на границах разнородных элементов реактора при построении интегральных моделей.
4.	Методы расчета теплопроводности в отдельных элементах реактора.	
4.1.	Аналитические методы решения уравнения теплопроводности	Аналитические методы решения уравнения теплопроводности для некоторых частных случаев. Конечно-разностные методы численного решения уравнения теплопроводности. Конечно-разностная аппроксимация дифференциального уравнения теплопроводности с пространственно зависимыми коэффициентами. Граничные и начальные условия.

4.2.	Явные методы решения	Явные методы решения конечно-разностного аналога нестационарного уравнения теплопроводности и условия их устойчивости.
4.3.	Методы релаксации	Методы релаксации для решения стационарного уравнения теплопроводности.
4.4.	Неявный метод переменных направлений	Неявный метод переменных направлений для решения двумерного уравнения теплопроводности.
5.	Методы решения уравнений конвективного теплопереноса в реакторах.	
5.1.	Точные аналитические решения уравнения конвективного переноса	Точные аналитические решения уравнения конвективного переноса для частного случая распространения температурного фронта в однородной среде. Влияние теплопроводности.
5.2.	Конечно-разностная аппроксимация конвективных членов уравнения энергии	Конечно-разностная аппроксимация конвективных членов уравнения энергии. Использование смещенных разностных сеток для получения консервативных схем. Схемы с конечными разностями против потока. Влияние численной диффузии.
5.3.	Методы решения конечно-разностного аналога уравнения энергии	Методы решения конечно-разностного аналога уравнения энергии. Граничные и начальные условия.
5.4.	Метод частиц	Метод частиц для решения уравнений конвективного переноса энергии и массы.
6.	Метод матричной прогонки для решения двумерных разностных уравнений.	
6.1.	Метод контрольного объема	Метод контрольного объема для получения конечно-разностного аналога уравнений гидродинамики в естественных переменных. Конечно-разностная аппроксимация уравнения неразрывности.
6.2.	Схемы с конечными разностями против потока	Конечно-разностная аппроксимация конвективных членов уравнений движения. Использование смещенных расчетных сеток для получения консервативных разностных схем. Схемы с конечными разностями против потока. Счетная вязкость.
6.3.	Устойчивость конечно-разностных методов решения	Методы решения дискретного аналога уравнений гидродинамики в естественных переменных. Устойчивость конечно-разностных методов решения уравнений гидродинамики.

6.4.	Комплексные многомерные расчетные модели	Комплексные многомерные расчетные теплогидродинамические модели реактора. Конечно-разностная аппроксимация условий на границах разнородных структурных элементов реактора.
7.	Специальные задачи расчетного моделирования теплогидравлических процессов, возникающие при исследовании возможных аварий реакторов.	
7.1.	Плавление элементов реактора	Математические модели процессов, связанных с плавлением элементов реактора при тяжелых авариях. Учет скрытой теплоты фазового перехода в уравнении энергии. Конечно-разностные методы решения задачи о распространении фронта плавления в неподвижной среде (задача Стефана).
7.2.	Несжимаемые среды с фазовыми превращениями	Математические модели многокомпонентных несжимаемых сред с фазовыми превращениями. Многоскоростные и односкоростные гомогенные модели многокомпонентных сред. Учет химических реакций между компонентами среды. Особенности конечно-разностных методов решения уравнений движения и сохранения многокомпонентной среды. Влияние численной диффузии на границы раздела компонентов среды. Использование метода частиц при решении уравнений переноса компонентов среды.
7.3.	Нерешенные проблемы и трудности	Нерешенные проблемы и трудности моделирования теплофизических процессов. Тестирование, верификация и аттестация расчетных компьютерных программ, предназначенных для обоснования проектов ядерных реакторов.

Лабораторные занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Название лабораторной работы
3.	Математические модели для расчета гидродинамики и теплопереноса в ТВС и активных зонах на основе многомерных моделей сплошной среды.	

3.2.	Модель пористой среды	Построение конечно-разностной схемы переменных направлений для решения двумерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами. Составление программы для ЭВМ и выполнение тестовых расчетов.
4.	Методы расчета теплопроводности в отдельных элементах реактора.	
4.4.	Неявный метод переменных направлений	Анализ конечно-разностных схем решения одномерного уравнения переноса, сравнение с точным аналитическим решением. Разработка программы для ЭВМ и выполнение тестовых расчетов.
6.	Метод матричной прогонки для решения двумерных разностных уравнений.	
6.3.	Устойчивость конечно-разностных методов решения	Построение конечно-разностной схемы решения двумерной системы уравнений гидродинамики несжимаемой жидкости в пучках твэлов методом контрольного объема. Разработка программы для ЭВМ и выполнение тестовых расчетов.
7.	Специальные задачи расчетного моделирования теплогидравлических процессов, возникающие при исследовании возможных аварий реакторов.	
7.1.	Плавление элементов реактора	Демонстрация работы компьютерных программ расчета гидродинамики и теплопереноса в гидравлическом тракте реактора. Визуализация результатов расчетов.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Не имеются.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
Текущий контроль, 2 семестр			
1.	Введение.	ПК-3	лабораторная работа
2.	Математические модели, используемые для описания нестационарных многомерных теплогидравлических процессов в ядерных реакторах.	ПК-3	лабораторная работа

3.	Математические модели для расчета гидродинамики и теплопереноса в ТВС и активных зонах на основе многомерных моделей сплошной среды..	ПК-3	лабораторная работа
4.	Методы расчета теплопроводности в отдельных элементах реактора.	ПК-3	лабораторная работа
Промежуточный контроль, 2 семестр			
	Экзамен	ПК-3	Экзаменационный билет
Всего:			

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

6.2.1. Экзамен

а) типовые вопросы:

1. Получить интегральную форму уравнения, выражающего закон сохранения скалярной величины Φ , переносимой движущейся сплошной средой.
2. Получить интегральную форму уравнения, выражающего закон сохранения массы движущейся сплошной среды.
3. Получить дифференциальную форму уравнения, выражающего закон сохранения массы движущейся сплошной среды.
4. Получить интегральную форму уравнения, выражающего закон сохранения массы примеси в движущейся сплошной среде с учетом диффузии.
5. Получить дифференциальную форму уравнения, выражающего закон сохранения массы примеси в движущейся сплошной среде с учетом диффузии.
6. Получить интегральную форму уравнения, выражающего закон сохранения массы примеси в покоящейся сплошной среде с учетом диффузии.
7. Получить дифференциальную форму уравнения, выражающего закон сохранения массы примеси в покоящейся сплошной среде с учетом диффузии.
8. Получить интегральную форму уравнения, выражающего закон сохранения тепловой энергии в покоящейся сплошной среде с учетом теплопроводности (для изобарического процесса).
9. Получить дифференциальную форму уравнения, выражающего закон сохранения тепловой энергии в покоящейся сплошной среде с учетом теплопроводности (для изобарического процесса).
10. Получить интегральную форму уравнения, выражающего закон сохранения тепловой энергии в движущемся теплоносителе с учетом теплопроводности (для изобарического процесса).
11. Получить дифференциальную форму уравнения, выражающего закон сохранения тепловой энергии в движущемся теплоносителе с учетом теплопроводности (для изобарического процесса).
12. Получить интегральную форму уравнения, выражающего закон сохранения количества движения движущейся сплошной среды.

13. Интегральная форма уравнения, выражающего закон сохранения количества движения движущейся сплошной среды.
14. Дифференциальная форма уравнения, выражающего закон сохранения количества движения несжимаемого вязкого теплоносителя.
15. Интегральная форма уравнения, выражающего закон сохранения скалярной величины Φ , переносимой движущимся теплоносителем.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

В критерии оценки знаний по экзамену входят:

1. уровень освоения студентом материала, предусмотренного учебной программой;
2. полнота и правильность ответа, степень осознанности, понимания изученного;
3. обоснованность, четкость, краткость изложения ответа;
4. ответы на дополнительные вопросы.

в) описание шкалы оценивания:

В экзаменационный билет входит 2 вопроса. Максимальная сумма баллов за ответ на один вопрос билета - 20 баллов.

15-20 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который :

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- полно раскрывает содержание теоретических вопросов билета.

8-14 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- допустил незначительные неточности при изложении материала, не искажающие содержание ответа по существу вопроса.

1-7 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- раскрывает содержание не всех теоретических вопросов
- ответил на один из двух вопросов билета.

0 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- имеет пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине, не может дать четкого определения основных понятий;
- не может разобраться в конкретной ситуации;
- не может успешно продолжать дальнейшее обучение в связи с недостаточным объемом знаний.

6.2.2. Экзамен

а) типовые вопросы:

1. Интегральная форма уравнения, выражающего закон сохранения массы движущейся сплошной среды.
2. Дифференциальная форма уравнения, выражающего закон сохранения массы движущейся сплошной среды.
3. Интегральная форма уравнения, выражающего закон сохранения массы примеси в движущейся сплошной среде с учетом диффузии.

4. Дифференциальная форма уравнения, выражающего закон сохранения массы примеси в движущейся сплошной среде с учетом диффузии.
5. Дифференциальная форма уравнения, выражающего закон сохранения массы примеси в покоящейся сплошной среде с учетом диффузии.
6. Интегральная форма уравнения, выражающего закон сохранения тепловой энергии в покоящейся среде с учетом теплопроводности (для изобарического процесса).
7. Получить интегральную форму уравнения, выражающего закон сохранения тепловой энергии в движущейся сплошной среде с учетом теплопроводности (для изобарического процесса).
8. Получить дифференциальную форму уравнения, выражающего закон сохранения тепловой энергии в движущейся сплошной среде с учетом теплопроводности (для изобарического процесса).
9. Получить интегральную форму уравнения, выражающего закон сохранения количества движения движущейся сплошной среды.
10. Получить интегральную форму уравнения, выражающего закон сохранения количества движения движущейся сплошной среды.
11. Получить дифференциальную форму уравнения, выражающего закон сохранения количества движения несжимаемой вязкой движущейся сплошной среды.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

В критерии оценки знаний по зачету входят:

1. уровень освоения студентом материала, предусмотренного учебной программой;
2. полнота и правильность ответа, степень осознанности, понимания изученного;
3. обоснованность, четкость, краткость изложения ответа;
4. ответы на дополнительные вопросы.

в) описание шкалы оценивания:

Каждому студенту задается 2 вопроса в произвольном порядке из списка вопросов к зачету. Ответ на каждый вопрос оценивается в 20 баллов.

15-20 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- полно раскрывает содержание теоретических вопросов;

8-14 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- допустил незначительные неточности при изложении материала, не искажающие содержание ответа по существу вопроса.

1-7 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- раскрывает содержание не всех теоретических вопросов;

0 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- имеет пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине, не может дать четкого определения основных понятий;
- не может успешно продолжать дальнейшее обучение в связи с недостаточным объемом знаний.

6.2.3. Лабораторная работа №1

а) типовые задания - образец:

Построение конечно-разностной схемы переменных направлений для решения двумерного уравнения теплопроводности с переменными коэффициентами. Составление программы для ЭВМ и выполнение тестовых расчетов.

Входные данные:

№	U (x,t) - проверочная функция	α	U (0,t)	U (1,t)	U (x,0)	h	τ	f (x,t)
1	$x^3t^2 + 1$	1	1	$t^2 + 1$	1	0.001	0.001	$2x^3t - 6xt^2$
2	x^2t^3	1	0	t^3	0	0.001	0.001	$3x^2t^2 - 2t^3$

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

25-30 баллов:

- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой, корректное применение полученных знаний на практике, своевременная сдача отчета, правильные ответы на вопросы во время защиты лабораторной работы.

18-24 баллов:

- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой, хорошее знание теоретической базы, в целом верная постановка целей и задач, решение основных задач, своевременная сдача отчета.

10-17 баллов:

- слабое знание теории, несвоевременное выполнение работы, несвоевременная защита работы, незнание ответов на вопросы преподавателя.

0 баллов:

- невыполнение работы.

в) описание шкалы оценивания:

18-30 баллов – лабораторная работа зачтена;

0-17 баллов – отчет по лабораторной работе отдается на доработку.

6.2.4. Лабораторная работа №2

а) типовые задания - образец:

Анализ конечно-разностных схем решения одномерного уравнения переноса, сравнение с точным аналитическим решением. Разработка программы для ЭВМ и выполнение тестовых расчетов.

Входные данные:

№	Схема решения
1	Метод неопределённых коэффициентов
2	Метод полиномиальной аппроксимации
3	Метод конечных разностей

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

25-30 баллов:

- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой, корректное применение полученных знаний на практике, своевременная сдача отчета, правильные ответы на вопросы во время защиты лабораторной работы.

18-24 баллов:

- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой, хорошее знание теоретической базы, в целом верная постановка целей и задач, решение основных задач, своевременная сдача отчета.

10-17 баллов:

- слабое знание теории, несвоевременное выполнение работы, несвоевременная защита работы, незнание ответов на вопросы преподавателя.

0 баллов:

- невыполнение работы.

в) описание шкалы оценивания:

18-30 баллов – лабораторная работа зачтена;

0-17 баллов – отчет по лабораторной работе отдается на доработку.

6.2.5. Лабораторная работа №3

а) типовые задания (вопросы) - образец:

Построение конечно-разностной схемы решения двумерной системы уравнений гидродинамики несжимаемой жидкости в пучках твэлов методом контрольного объема. Разработка программы для ЭВМ и выполнение тестовых расчетов.

Входные данные:

№	Тип реактора
1.	ВВЭР-440
2.	ВВЭР-1000
3.	ВВЭР-1200
4.	РБМК-1000
5.	БН-600

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

25-30 баллов:

- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой, корректное применение полученных знаний на практике, своевременная

сдача отчета, правильные ответы на вопросы во время защиты лабораторной работы.

18-24 баллов:

- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой, хорошее знание теоретической базы, в целом верная постановка целей и задач, решение основных задач, своевременная сдача отчета.

10-17 баллов:

- слабое знание теории, несвоевременное выполнение работы, несвоевременная защита работы, незнание ответов на вопросы преподавателя.

0 баллов:

- невыполнение работы.

в) описание шкалы оценивания:

18-30 баллов – лабораторная работа зачтена;

0-17 баллов – отчет по лабораторной работе отдается на доработку.

6.2.6. Лабораторная работа №4

а) типовые задания (вопросы) - образец:

Демонстрация работы компьютерных программ расчета гидродинамики и теплопереноса в гидравлическом тракте реактора. Визуализация результатов расчетов.

Входные данные:

№	Длина тракта (см.)	Диаметр тракта (см.)
1.	1000	20
2.	500	50

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

25-30 баллов:

- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой, корректное применение полученных знаний на практике, своевременная сдача отчета, правильные ответы на вопросы во время защиты лабораторной работы.

18-24 баллов:

- правильное выполнение лабораторной работы в соответствии с методикой, хорошее знание теоретической базы, в целом верная постановка целей и задач, решение основных задач, своевременная сдача отчета.

10-17 баллов:

- слабое знание теории, несвоевременное выполнение работы, несвоевременная защита работы, незнание ответов на вопросы преподавателя.

0 баллов:

- невыполнение работы.

- в) описание шкалы оценивания:
 18-30 баллов – лабораторная работа зачтена;
 0-17 баллов – отчет по лабораторной работе отдается на доработку.

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (КТ № 1) и контрольная точка № 2 (КТ № 2).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

7 Семестр

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	Контрольная точка № 1		
	Лабораторная работа №1	18	30
	Контрольная точка № 2		
	Лабораторная работа №2	18	30
Промежуточный	Зачет		
	Зачет	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

8 Семестр

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	Контрольная точка № 1		
	Лабораторная работа №3	18	30
	Контрольная точка № 2		
	Лабораторная работа №4	18	30
Промежуточный	Экзамен		

	Экзамен	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

Процедура оценивания знаний, умений, владений по дисциплине включает учет успешности по всем видам заявленных оценочных средств.

Устный опрос проводится на каждом практическом занятии и затрагивает как тематику прошедшего занятия, так и лекционный материал. Применяется групповое оценивание ответа или оценивание преподавателем.

По окончании освоения дисциплины проводится промежуточная аттестация в виде зачета/экзамена, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Зачет/экзамен предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных обучающимся теоретических знаний и умений приводить примеры практического использования знаний (например, выполнение лабораторных работ), приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления.

Оценка сформированности компетенций на зачете/экзамене для тех обучающихся, которые пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций во время изучения дисциплины, проводится после индивидуального собеседования с преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на зачете/экзамене.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная учебная литература:

1. Гуляев А.П., Гуляев А.А. Металловедение: Учебник для ВУЗов. - Москва-Альянс, 2012.
2. Эксплуатационные режимы АЭС: учебное пособие / Р.П. Баклушин. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский дом МЭИ, 2012, - 532 с., ил.
3. В.М. Зорин Атомные электростанции: учебное пособие / В.М. Зорин. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – 672 с.: ил.
4. Баклушин Р.П. Эксплуатация АЭС. Ч. I. Работа АЭС в энергосистемах. Ч II. Обращение с радиоактивными отходами: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. – 304 с.
5. Метрологическое обеспечение производства: Учебное пособие/ В.А. Борисов, В.Б. Горшков, В.П. Игнатов, А.Я. Карпенко, М.Л. Карпюк, В.П. Кузнецов – Обнинск: НОУ ДНО «ЦИПК», 2010. -384 с: ил.
6. Владимиров В.И. Физика ядерных реакторов. Практические задачи по их эксплуатации. Изд. 5-е, переработанное и доп. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 480 с.

7. Технологические измерения и приборы: учебник для вузов / Г.М. Иванова. Н.Д. Кузнецов, В.С. Чистяков. – 3-е изд. Стереотип. – М.: Издательский дом МЭИ. 2007. – 460 с., ил.

б) дополнительная учебная литература:

1. Роуч П. Вычислительная гидродинамика: М., Мир, 1980.
2. Теплообмен и гидродинамика двухфазных потоков в атомной и тепловой энергетике. / Дж. Делайе, М.Гио, М. Ритмюллер: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
3. Кузнецов Ю.Н. Теплообмен в проблеме безопасности ядерных реакторов. - М.: Энергоатомиздат. 1989
4. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости: Пер. с англ. -М., Энергоатомиздат, 1984.
5. Уолтер А., Рейнольдс А. Реакторы-размножители на быстрых нейтронах: Пер. с англ. - М: Энергоатомиздат, 1986.
6. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей: В 2-х томах: М., Мир, 1991
7. Седов Л.И. Механика сплошной среды: В 2-х томах: М., Наука, 1970.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

1. Научная электронная библиотека [Электронный ресурс] URL: <http://elibrary.ru> (Дата обращения: 10.05.2020).
2. Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ": [Электронный ресурс] URL: www.library.mephi.ru (Дата обращения: 10.05.2020).

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на лабораторном занятии.

Лабораторные занятия	При подготовке к лабораторным работам следует ознакомиться с основами программирования в среде FORTRAN90/ Python и др. При защите лабораторных работ важно детально разбираться в теоретических основах применяемых для решения конкретных дифференциальных уравнений.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, материал практических занятий, рекомендуемую литературу и интернет источники. Важно добиться понимания изучаемой дисциплины.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, материал практических занятий, рекомендуемую литературу и интернет источники. Важно добиться понимания изучаемой дисциплины.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

10.1. Перечень информационных технологий

- Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
- Интерактивное общение с помощью программы skype.

10.2. Перечень программного обеспечения

- Компилятор языка программирования FORTRAN90/ Python и др.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные и практические занятия:

Учебная аудитория на 20 мест с мультимедийным оборудованием, программное обеспечение для компьютерных презентаций. Доска.

Лабораторные занятия:

Учебная аудитория на 10 рабочих мест оборудованными компилятором языка программирования FORTRAN90/ Python и др.

12. Иные сведения и (или) материалы

12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

№ пп	Наименование темы дисциплины	Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия)	Количество ак. ч.	Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий
1.	Введение.	лекции	5	лекция-беседа
2.	Математические модели, используемые для описания нестационарных многомерных теплогидравлических процессов в ядерных реакторах.	лекции	4	лекция-беседа
3.	Математические модели для расчета гидродинамики и теплопереноса в ТВС и активных зонах на основе многомерных моделей сплошной среды.	лекции	3	лекция-беседа
4.	Методы расчета теплопроводности в отдельных элементах реактора.	лекции	4	лекция-беседа
5.	Методы решения уравнений конвективного теплопереноса в реакторах.	лекции	4	лекция-беседа
6.	Метод матричной прогонки для решения двумерных разностных уравнений.	лекции	6	лекция-беседа
7.	Специальные задачи расчетного моделирования теплогидравлических процессов, возникающие при исследовании возможных аварий реакторов.	лекции	6	лекция-беседа

Программу составил:

А.В. Соболев, старший преподаватель отд. ЯФиТ

Рецензент:

А.М. Терехова, старший преподаватель отд. ЯФиТ