

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ЗАМКНУТОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ
АНАЛИЗА БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПРОЕКТОВ АЭС**

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.04.02 Ядерные физика и технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
1	6	216	50	90	0		40	0	Э
Итого	6	216	50	90	0	64	40	0	

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются основные процессы в топливе и оболочке твэла, определяющие и влияющие на его работоспособность и герметичность при облучении в активной зоне реакторных установок на быстрых нейтронах. Проводится обучение основам работы с кодом БЕРКУТ/E2.0.

Также рассматриваются вопросы численного моделирования переноса нейтронов в реакторных установках на быстрых нейтронах. Изучаются основные формы уравнения переноса и математическая постановка задач. Дается обзор методов решения, значительное внимание уделяется детерминистическим методам. Приводится построение дискретных аналогов уравнения переноса, подробно рассматриваются различные способы пространственной аппроксимации. Исследуются свойства сеточных решений. Содержится изложение итерационных методов.

Проводится изучение и демонстрация азов разработки кода, который способен работать в параллельном режиме, а также рассказывается о средствах и инструментах позволяющих проводить коллективную разработку кода.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является подготовка студентов к решению инженерных задач связанных с моделированием поведения твэлов современных и перспективных ядерных энергетических установок на быстрых нейтронах; разработке нейтронно-физических расчетных кодов путем изучения, развития и реализации вычислительных методов решения уравнения переноса нейтронов. Изучается ряд вопросов, составляющих базу для анализа и оценки работоспособности твэлов. Среди задач курса:

- Изучение современных технологий и перспективных ядерных энергетических установок на быстрых нейтронах.
- Изучение основных понятий и определений в области использования атомной энергии, обеспечения ядерной и радиационной безопасности.
- Ознакомление с основными термомеханическими и физико-химическими процессами, протекающими в твэлах.
- Изучение основных принципов и критериев работоспособности твэлов и методов её оценки.
- Обучение основам работы с кодом БЕРКУТ/E2.0.
- Ознакомление с основными численными методами решения уравнения переноса нейтронов;
- Формирование у студентов способности реализовывать численные схемы в расчетном коде;
- Обучение студентов проводить дискретизацию уравнения переноса в различных геометриях и на различных сетках;
- Формирование у студентов способности применять знания, получаемые при изучении курса, к решению практических физических задач.
- Обучение студентов умениям применять полученные знания в производственной и научной деятельности, приобретение навыков работы с научной, справочной и электронной отечественной или иностранной литературой, применению современных компьютерных технологий при подготовке домашних заданий;

- Изучение видов параллелизма, и базовое строение параллельных систем;
- Обучение директив OpenMP и функций MPI;
- Обучение подходам параллельного программирования;
- Обучение пользованию SVN, создание QA.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Учебная программа соответствует требованиям образовательного стандарта высшего образования национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» по направлению 14.04.02 - Ядерные физика и технологии, «Профессиональный модуль».

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УКЦ-2 [1] – Способен к самообучению, самоактуализации и саморазвитию с использованием различных цифровых технологий в условиях их непрерывного совершенствования	З-УКЦ-2 [1] – Знать основные цифровые платформы, технологии и интернет ресурсы используемые при онлайн обучении У-УКЦ-2 [1] – Уметь использовать различные цифровые технологии для организации обучения В-УКЦ-2 [1] – Владеть навыками самообучения, самоактуализации и саморазвития с использованием различных цифровых технологий

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
инновационный			
Исследования и разработки, направленные на создание новой технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования, обоснование ядерной	Ядерные энерготехнологии нового поколения; функциональные и конструкционные материалы ядерных реакторов; программные комплексы и математические модели для	ПК-6.2 [1] - Способен выбирать критерии безопасной работы и применять методы обоснования безопасности для количественных оценок эффективности функционирования и обоснования безопасности объектов	З-ПК-6.2[1] - Знать основные теплогидравлические и нейтронно-физические процессы, протекающие в быстрых реакторах; основные принципы и критерии обеспечения безопасности ядерных энергетических

и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.	теоретического и расчетно-аналитического анализа безопасности АЭС, объекты использования атомной энергии и ядерного наследия, в части научно-технического и организационно-правового обоснования и обеспечения безопасности.	использования атомной энергии. <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	установок и объектов замкнутого ядерного топливного цикла.; У-ПК-6.2[1] - Уметь применять полученные знания к решению практических задач связанных с проектированием и эксплуатацией быстрых реакторов и объектов замкнутого ядерного топливного цикла.; В-ПК-6.2[1] - Владеть методами инженерных расчетов обоснования радиационной безопасности.
Исследования и разработки, направленные на создание новой технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования, обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.	Ядерные энерготехнологии нового поколения; функциональные и конструкционные материалы ядерных реакторов; программные комплексы и математические модели для теоретического и расчетно-аналитического анализа безопасности АЭС, объекты использования атомной энергии и ядерного наследия, в части научно-технического и организационно-правового обоснования и обеспечения безопасности.	ПК-6.4 [1] - Способен освоить специальные знания и практические навыки в области регулирования и обоснования безопасности объектов использования атомной энергии и ядерного наследия. <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-6.4[1] - Знать основы государственной политики Российской Федерации в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности.; У-ПК-6.4[1] - Уметь делать анализ объектов использования атомной энергии и ядерного наследия, в части научно-технического и организационно-правового обоснования и обеспечения безопасности.; В-ПК-6.4[1] - Владеть компетенциями связанными с содействием в реализации международных обязательств Российской Федерации по формированию инфраструктуры регулирования безопасности в странах, выступающих заказчиками

			сооружения АЭС по российским проектам, в части формирования и развития компетенций персоналом национальных органов регулирования безопасности при использовании атомной энергии и их организаций научно-технической поддержки.
Исследования и разработки, направленные на создание новой технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования, обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.	Ядерные энерготехнологии нового поколения; функциональные и конструкционные материалы ядерных реакторов; программные комплексы и математические модели для теоретического и расчетно-аналитического анализа безопасности АЭС, объекты использования атомной энергии и ядерного наследия, в части научно-технического и организационно-правового обоснования и обеспечения безопасности.	ПК-13 [1] - Способен проектировать, создавать и внедрять новые продукты и системы и применять теоретические знания в реальной инженерной практике <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-13[1] - Знать математические методы и компьютерные технологии, необходимые для проектирования и разработки программного обеспечения для инженерного анализа инновационных продуктов. ; У-ПК-13[1] - Уметь разрабатывать и тестировать программное обеспечение для инженерного анализа инновационных продуктов.; В-ПК-13[1] - владеть навыками разработки и тестирования программного обеспечения для инженерного анализа инновационных продуктов.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>1 Семестр</i>						
1	Введение. Радиационная безопасность. Твэлы ядерных энергетических установок и условия их эксплуатации. Тепловыделение в твэле. Термомеханическое состояние твэла и его моделирование. Основы работоспособности твэла. Постановка задачи переноса нейтронов, вывод уравнения переноса. Основные методы решения.	1-8	25/45/0	КИ-8 (25)	25	КИ-8	3-ПК-6.2, У-ПК-6.2, В-ПК-6.2, 3-ПК-6.4, У-ПК-6.4, В-ПК-6.4, 3-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
2	. Ядерное топливо. Термохимические процессы, протекающие в ядерном топливе, и их моделирование. Работоспособность твэлов. Моделирование поведения твэла под облучением. Операторные формы уравнения переноса нейтронов. Итерационные методы решения. Асимптотический анализ. Фурье-анализ. Основные функции MPI. Создание и использование QA. Заключение.	9-16	25/45/0	КИ-16 (25)	25	КИ-16	3-ПК-6.2, У-ПК-6.2, В-ПК-6.2, 3-ПК-6.4, У-ПК-6.4, В-ПК-6.4, 3-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		50/90/0		50		

	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	Э	3-ПК-6.2, У-ПК-6.2, В-ПК-6.2, 3-ПК-6.4, У-ПК-6.4, В-ПК-6.4, 3-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
--	--------------------------------------	--	--	--	----	---	---

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	50	90	0
1-8	Введение. Радиационная безопасность. Твэлы ядерных энергетических установок и условия их эксплуатации. Тепловыделение в твэле. Термомеханическое состояние твэла и его моделирование. Основы работоспособности твэла. Постановка задачи переноса нейтронов, вывод уравнения переноса. Основные методы решения.	25	45	0
1 - 8	Введение. Радиационная безопасность. Твэлы ядерных энергетических установок и условия их эксплуатации. Тепловыделение в твэле. Термомеханическое состояние твэла и его моделирование. Основы работоспособности Введение. Атомная энергетика в России и её преимущества. Перспективы, стратегические и тактические задачи развития атомной энергетики. Основные проблемы современной атомной энергетики. Современные технологии и перспективные ядерные энергетические установки на быстрых нейтронах. Классификация вычислительных методов в нейтронно-физических расчетах. Радиационная безопасность. Организации по ядерной безопасности. Основная документация по безопасности при использовании атомной энергии. Основные понятия и	Всего аудиторных часов		
		25	45	0
		Онлайн		
		0	0	0

	определения в области использования атомной энергии, обеспечения ядерной и радиационной безопасности. Твэлы ядерных энергетических установок. Ядерные реакторы и их типы. Топливные и конструкционные материалы ядерной энергетики. Твэлы и требования к ним. Условия эксплуатации твэлов в ядерных энергетических установках. Тепловыделение в твэле. Задача теплопроводности в тепловыделяющих элементах ядерных реакторов. Уравнение теплопроводности в осевой ячейке твэла. Термомеханическое состояние твэла и его моделирование. Описание термомеханического состояния твэла. НДС элементарного слоя и осевой ячейки твэла. Механическое воздействие топлива на оболочку твэла. Моделирование термомеханического поведения твэла. Основы работоспособности твэла. Основные процессы и факторы, влияющие на механическое поведение и состояние твэла. Принципы и критерии работоспособности твэлов. Постановка задачи переноса нейтронов, вывод уравнения переноса. Интегро-дифференциальная и интегральная форма. Граничные условия. Типы (формулировки) задач: нестационарная задача, однородная (условно-критическая) задача, неоднородная задача (с заданным источником). Упрощенные виды уравнения переноса. Сопряженное уравнение. Диффузионное уравнение. Анизотропия рассеяния, разложение по полиномам Лежандра. Построение дискретных аналогов. Временная дискретизация (конечно-разностные схемы). Энергетическая дискретизация (многогрупповое приближение). Угловая аппроксимация: метод дискретных ординат. Численное интегрирование. Квадратурные формулы. Угловая аппроксимация: метод сферических гармоник (PN). Пространственная аппроксимация уравнения переноса: метод конечных объемов. Взвешенная алмазная схема (WDD) и тета-взвешенная схема (TWD). Коррекция отрицательных потоков. Пространственная аппроксимация уравнения переноса: метод конечных элементов (МКЭ.) Слабая формулировка. Линейный разрывный МКЭ с аппроксимацией по Галеркину. Основы параллельных вычислений. Появление параллельных систем. Использование параллельности для ускорения кода. Основные парадигмы OpenMP. Использование парадигм для параллельности на системах с общей памятью. Основные команды SVN. Использование команд контроля версий.			
9-16	. Ядерное топливо. Термохимические процессы, протекающие в ядерном топливе, и их моделирование. Работоспособность твэлов. Моделирование поведения твэла под облучением. Операторные формы уравнения	25	45	0

	переноса нейтронов. Итерационные методы решения. Асимптотический анализ. Фурье-анализ. Основные функции MPI. Создание и использование QA. Заключение.			
9 - 16	. Ядерное топливо. Термохимические процессы, протекающие в ядерном топливе, и их моделирование. Работоспособность твэлов. Моделирование поведения твэла под облучением. Операторные формы уравнения пере Ядерное топливо. Ядерное топливо: добыча, производство твэлов и ТВС, использование в ядерном реакторе, переработка. Состав топлива и его свойства. Термохимические процессы, протекающие в ядерном топливе, и их моделирование. Нарботка некоторых радионуклидов в ядерном реакторе и их радиоактивные взаимопревращения. Миграция продуктов деления в топливе. Структурные изменения облученного топлива и его распухание. Описание расчетного кода БЕРКУТ/E2.0, моделирование поведения твэла под облучением. Назначение и модульная структура кода БЕРКУТ/E2.0. Создание расчетных схем и входных файлов кода БЕРКУТ/E2.0. Этапы моделирования поведения твэлов. Анализ и обработка результатов расчетов. Операторные формы уравнения переноса нейтронов. Неоднородное уравнение переноса. Операторная форма. Процедура решения. Итерационные методы решения. Внутригрупповые итерационные методы (метод простой итерации, методы Крыловского типа). Внешние итерации по энергии (метод Якоби, метод Гаусса-Зейделя). Асимптотический анализ. Диффузионный предел. Фурье-анализ. Методы ускорения итераций (DSA, CMFD, предобуславливание). Основные функции MPI. Использование функций MPI для параллельности на системах с распределённой памятью. Создание и использование QA. Базовые принципы создания QA. Использование QA при коллективной разработке. Заключение. Выводы о целесообразности моделирования поведения и оценки работоспособности твэлов действующих и проектируемых ядерных установок.	Всего аудиторных часов		
		25	45	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации

Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>1 Семестр</i>
1 - 8	Темы 1 1. Расчет температуры теплоносителя, оболочки твэла и максимальной температуры топливной композиции в реакторе с теплоносителем с постоянными физическими свойствами. 2. Запас до плавления/диссоциации ядерного топлива. 3. Оценка работоспособности твэла. 4. Моделирование тепловыделения в твэле. 5. Моделирование термомеханического поведения твэла 6. Моделирование поведения ядерного топлива под облучением. 7. Моделирование поведения твэла под облучением. 8. Пространственная аппроксимация уравнения переноса в различных геометриях
9 - 16	Темы 2 9. Вывод уравнение переноса 2го порядка. 10. Получение явного вида угловых моментов плотности потока нейтронов в P5-приближении. 11. Узлы и веса квадратуры Чебышева-Лежандра. 12. Упрощенный метод сферических гармоник (SPN), асимптотический вывод уравнений. 13. Метод конечных объемов в HEX-Z геометрии. 14. LDGFEM на тетрадральных сетках. 15. Написание параллельной реализации суммирования большого массива. 16. Создание ветки на SVN. 17. Запуск QA для кода.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы курса используются различные образовательные технологии. Аудиторные занятия проводятся в интерактивных классах. Особое внимание студентов обращается на интернет ресурсы, где впоследствии они самостоятельно смогут получать актуальную информацию по читаемым темам. Для контроля усвоения студентами разделов данного курса используются тестовые технологии, то есть специальный банк вопросов в открытой и закрытой форме. Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала, а также выполнение двух домашних заданий.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-13	З-ПК-13	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-13	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-13	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-6.2	З-ПК-6.2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-6.2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-6.2	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-6.4	З-ПК-6.4	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-6.4	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-6.4	Э, КИ-8, КИ-16
УКЦ-2	З-УКЦ-2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-УКЦ-2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-УКЦ-2	Э, КИ-8, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – <i>«отлично»</i>	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – <i>«хорошо»</i>	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – <i>«удовлетворительно»</i>	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – <i>«неудовлетворительно»</i>	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного

			материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.
--	--	--	--

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Р 35 Математическое моделирование : учебное пособие для вузов, Рейзлин В. И., Москва: Юрайт, 2022
2. ЭИ К 893 Моделирование физических процессов в энергетических ядерных реакторах на быстрых нейтронах : Допущено УМО вузов направления подготовки 140300 “Ядерная физика и технологии” в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению “Ядерная физика и технологии”, Кузьмин А.М., Шмелев А.Н., Апсэ В.А., Москва: МЭИ, 2019
3. ЭИ Д 26 Теория вычислительных устройств : учебное пособие, Деев Г. Е., Санкт-Петербург: Лань, 2022

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Т 64 Беседы о ядерной энергетике. Физика реакторов и технологии модульных быстрых реакторов с теплоносителем свинец-висмут (для начинающих и не только) : монография, Тошинский Г.И., Москва: Проспект, 2019
2. 621.039 С29 Кинетика реакторов на быстрых нейтронах : , Селезнев Е.Ф., Москва: Наука, 2013
3. ЭИ О-11 О потенциале гибридных (синтез-деление) наработчиков топлива для ядерных реакторов (стабилизированные размножающие свойства, глубокое выгорание, защищенное топливо) : Монография, Шмелев А.Н. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
4. 621.039 Д40 Реакторы-размножители на быстрых нейтронах : , Джадд А., Москва: Энергоатомиздат, 1984
5. 621.039 Б43 Теория ядерных реакторов : , Белл Д., Глесстон С., М.: Атомиздат, 1974
6. ЭИ Л 33 Ядерные энергетические установки : , Лебедев В. А. , Санкт-Петербург: Лань, 2022

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

С целью приобретения и развития навыков самостоятельной работы при решении различных задач студентам предлагается в течение семестра выполнить два домашних задания. Первое домашнее задание выдается на 4-й неделе семестра и принимается на 8-й неделе. Второе домашнее задание выдается на 10-й неделе и принимается на 16-й неделе. Примеры домашних заданий, приведены в специальном разделе программы и могут корректироваться преподавателем в зависимости от степени усвоения студентами учебного материала в течение семестра.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Дисциплина посвящена подготовке студентов к решению инженерных задач, связанных с моделированием поведения твэлов современных и перспективных ядерных энергетических установок на быстрых нейтронах. При разработке курса использована современная отечественная и иностранная литература. Знания, полученные студентами при изучении различных дисциплин, применяются к решению задач характерных для ядерных энергетических установок.

Чтение лекций и проведение семинарских занятий рекомендуется проводить в интерактивных классах. Сложные и многочисленные расчеты не должны затенять сути излагаемых методов, поэтому рекомендуется широко использовать системы символьной математики.

Особое внимание студентов следует обратить на интернет ресурсы, где впоследствии они самостоятельно смогут получать актуальную информацию по читаемым темам. В конце изучения курса рекомендуется выдать студентам использованные презентации в электронном виде.

Автор(ы):

Мосунова Настасья Александровна

Рецензент(ы):

Тихомиров Г.В.