

ИНСТИТУТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

КАФЕДРА КИБЕРНЕТИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИИКС

Протокол № 4/1/2023

от 25.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Направление подготовки
(специальность)

[1] 01.03.02 Прикладная математика и
информатика

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, экс./зач./КР/КП
7	3	108	16	32	16		44	0	3
Итого	3	108	16	32	16	16	44	0	

АННОТАЦИЯ

В курсе рассматриваются методы построения математических моделей устройств (на примере ядерного энергоблока) применительно к решению задач управления и контроля. Последовательно рассматривается методика построения математической модели тепловыделяющего элемента, ячейки реактора, парогенератора, синтезируется модель энергоблока с обратными связями и контуром управления.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Задача курса – научить студентов основам построения балансных математических моделей на примере сложной технической системы, исходя из целей их создания.(в данном случае для решения задач управления), освоить методы численной реализации математической модели на современной вычислительной

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Курс продолжает серию дисциплин по физике реакторов. Для успешного освоения необходимо прослушать курс "Математические модели физических процессов"

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

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
научно-исследовательский			
анализ и математическое моделирование физических процессов	системы ядерно-энергетического комплекса	ПК-1 [1] - Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать результаты научных исследований в области прикладной математики и информационных технологий <i>Основание:</i>	З-ПК-1[1] - знать основные методы научного познания, методы сбора и анализа информации;; У-ПК-1[1] - уметь анализировать информацию, строить логические схемы, интерпретировать результаты научных

		<p>Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>исследований, критически мыслить, сравнивать результаты различных исследований, формировать собственную позицию в рамках рассматриваемой задачи;</p> <p>В-ПК-1[1] - владеть навыками работы с научной литературой и навыками интерпретации результатов научных исследований;</p>
<p>анализ и математическое моделирование физических процессов</p>	<p>системы ядерно-энергетического комплекса</p>	<p>ПК-2 [1] - Способен понимать, применять и совершенствовать современный математический аппарат</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>3-ПК-2[1] - знать современный математический аппарат, используемый при описании, решении и анализе различных прикладных задач;</p> <p>У-ПК-2[1] - использовать современный математический аппарат для построения математических моделей и алгоритмов решения различных прикладных задач;</p> <p>В-ПК-2[1] - владеть навыками применения современного математического аппарата для построения математических моделей различных процессов, для обработки экспериментальных, статистических и теоретических данных, для разработки новых алгоритмов и методов исследования задач</p>

			различных типов
производственно-технологический			
разработка и сопровождение программного обеспечения	информационные и программные системы	<p>ПК-1.2 [1] - способен разрабатывать и применять прикладные программы при решении задач в области киберфизических и информационных систем</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.057, Анализ опыта: разработка математического и программного обеспечения киберфизических систем</p>	<p>З-ПК-1.2[1] - знать принципы построения и условия применения программ, используемых в задачах разработки и сопровождения киберфизических и информационных систем;</p> <p>У-ПК-1.2[1] - уметь обоснованно выбирать алгоритмы и программные средства для решения задач проектирования и сопровождения киберфизических и информационных систем;</p> <p>В-ПК-1.2[1] - владеть навыками использования прикладных программ при разработке и моделировании киберфизических и информационных систем</p>
разработка математического, программного и алгоритмического обеспечения для анализа и моделирования физических процессов	математические модели процессов в сложных технических системах	<p>ПК-4 [1] - Способен использовать современные языки и методы программирования, комплексы прикладных компьютерных программ, современную вычислительную технику, многопроцессорные вычислительные системы при решении производственных и научно-исследовательских задач в области прикладной математики и информатики</p>	<p>З-ПК-4[1] - знать современные языки и технологии программирования, комплексы прикладных компьютерных программ; ;</p> <p>У-ПК-4[1] - уметь разрабатывать наукоемкое программное обеспечение с использованием современных языков программирования ;</p> <p>В-ПК-4[1] - владеть навыками проведения математического моделирования физических процессов</p>

		<i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001	с использованием существующих и разработанных программных комплексов
--	--	--	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных

		<p>посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.</p>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными</p>

		и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (B21)	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</p>
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной

		<p>деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</p>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование профессионально значимых установок: не производить, не копировать и не использовать программные и технические средства, не приобретенные на законных основаниях; не нарушать признанные нормы авторского права; не нарушать тайны передачи сообщений, не практиковать вскрытие информационных систем и сетей передачи данных; соблюдать конфиденциальность доверенной информации (В40)</p>	<p>1. Использование воспитательного потенциала дисциплин "Информатика (Основы программирования)", Программирование (Объектно-ориентированное программирование)", "Программирование (Алгоритмы и структуры данных)" для формирования культуры написания и оформления программ, а также привития навыков командной работы за счет использования систем управления проектами и контроля версий.</p> <p>2. Использование воспитательного потенциала дисциплины "Проектная практика" для формирования</p>

		<p>культуры решения изобретательских задач, развития логического мышления, путем погружения студентов в научную и инновационную деятельность института и вовлечения в проектную работу.</p> <p>3.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин для формирования навыков цифровой гигиены, а также системности и гибкости мышления, посредством изучения методологических и технологических основ обеспечения информационной безопасности и кибербезопасности при выполнении и защите результатов учебных заданий и лабораторных работ по криптографическим методам защиты информации в компьютерных системах и сетях.</p> <p>4.Использование воспитательного потенциала дисциплин "Информатика (Основы программирования)", Программирование (Объектно-ориентированное программирование)", "Программирование (Алгоритмы и структуры данных)" для формирования культуры безопасного программирования посредством тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий.</p> <p>5.Использование воспитательного потенциала дисциплины "Проектная практика" для формирования системного подхода по обеспечению информационной безопасности и кибербезопасности в различных сферах деятельности посредством исследования и перенятия опыта постановки и</p>
--	--	--

		решения научно-практических задач организациями-партнерами.
--	--	---

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/16/8		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4
2	Часть 2	9-16	8/16/8		25	КИ-15	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1,

							3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		16/32/16		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	3	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-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
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	16	32	16
1-8	Часть 1	8	16	8

1 - 8	Часть 1 1-3 недели. Теплофизические обратные связи в ядерном реакторе. Уравнение теплопроводности. Закон Фурье. Граничные условия. Распределение температур в твэле. Нестационарное поле температур при скачке мощности. Уравнения для температур основных элементов ячейки реактора в точечном приближении. Распределение температуры воды, оболочки и сердечника твэл по высоте реактора с некипящим теплоносителем. Распределение температуры воды, оболочки и сердечника твэл по высоте реактора с кипящим теплоносителем. 4-5 недели Спектр нейтронов и коэффициент реактивности. Понятие о спектре нейтронов в реакторе. Спектры деления, замедления, Максвелла. Среднее сечение взаимодействия в тепловой области и области замедления. Эффективный и истинный резонансный интеграл. Коэффициенты реактивности в гомогенном реакторе. Коэффициенты реактивности в гетерогенном реакторе. 6-7 недели Отравление реактора. Ксеноновое отравление. Самариевое отравление. Изменение изотопного состава.	Всего аудиторных часов		
		8	16	8
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Часть 2	8	16	8
9 - 16	Часть 2 8-10 недели Принципы регулирования. Программы регулирования реактора типа ВВЭР. Схемы регулирования реактора типа ВВЭР. Процесс саморегулирования реактора типа ВВЭР. Пространственные ксеноновые колебания. 11-12 недели Уравнение теплогидравлики потока. Вывод уравнения энергии для потока. Вывод уравнения движения для потока. Вывод уравнения неразрывности. Описание режимов течения жидкости. 13-16 недели Математическое моделирование ядерного энергоблока.	Всего аудиторных часов		
		8	16	8
		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 ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
1 - 8	часть 1 1. Теплофизика активной зоны реактора ВВЭР. (4 часа) 2. Теплогидравлика канала реактора РБМК. (4 часа)
9 - 16	часть 2 3. Ячейка ядерного реактора. (4 часа) 4. Динамика ядерного энергоблока с реактором РБМК. (3 часа) 5. Динамика ядерного энергоблока с реактором ВВЭР. (3 часа)

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
1 - 8	<p>часть 1</p> <p>Вводит Занятие №1 Температурный эффект Задача 1. (Задача № 2.59 из [1]) Задача 2. (Задача № 2.60 из [1]) Задача 3. (Задача № 2.61 из [1]) Задача 4 (Задача №2.62 из [1])</p> <p>Занятие №2 Кампания реактора Задача 1. (Задача № 2.68 из [1]) Задача 2. (Задача № 2.69 из [1]) Задача 3. (Задача № 2.72 из [1]) Задача 4 (Задача №2.73 из [1])</p> <p>Занятие №3) Параметры, определяющие мощность реатора и скорость ее изменения Задача 1. (Задача № 3.1 из [1]) Задача 2. (Задача № 3.2 из [1]) Задача 3. (Задача № 3.4 из [1]) Задача 4 (Задача №3.5 из [1])</p> <p>Занятие №4 Подкритическое и критическое состояние реактора Задача 1. (Задача № 3.8 из [1]) Задача 2. (Задача № 3.9 из [1]) Задача 3. (Задача № 3.10 из [1]) Задача 4 (Задача №3.11 из [1])</p> <p>Занятие №5 Надкритическое состояние реатора Задача 1. (Задача № 3.12 из [1]) Задача 2. (Задача № 3.13 из [1]) Задача 3. (Задача № 3.14 из [1]) Задача 4 (Задача №3.15 из [1])</p> <p>Занятие №6 (2 часа) Пуск реактора, разогрев и работа на</p>

	<p>энергетическом уровне мощности. Задача 1. (Задача № 3.47 из [1]) Задача 2. (Задача № 3.48 из [1]) Задача 3. (Задача № 3.49 из [1]) Задача 4 (Задача №3.50 из [1])</p>
9 - 16	<p>часть 2 Занятие №7 Останов и расхолаживание реактора Задача 1. (Задача № 3.61 из [1]) Задача 2. (Задача № 3.62 из [1]) Задача 3. (Задача № 3.63 из [1]) Задача 4 (Задача №3.64 из [1])</p> <p>Занятие №8 Особенности ядерного реактора как источника энергии Задача 1. (Задача № 4.1 из [1]) Задача 2. (Задача № 4.2 из [1]) Задача 3. (Задача № 4.3 из [1])</p> <p>Занятие №9 Обеспечение ядерной безопасности реактора. Задача 1. (Задача № 4.4 из [1]) Задача 2. (Задача № 4.5 из [1]) Задача 3. (Задача № 4.7 из [1]) Литература Владимиров В.И. Практические задачи по эксплуатации ядерных реакторов. – 3-е изд., перераб. И доп.- М.: Энергоиздат, 1981, 288с.</p>

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс базируется на сочетании и совмещении теоретической и практической подготовки студентов в рамках единых занятий. В начале занятий в форме лекции даются теоретические основы и описываются методы решения задачи, а затем в форме семинара проводится закрепление пройденного материала посредством решения задач, оценки различных вариантов решений, а также совместного обсуждения изученных приемов.

В рамках данного курса проводится серия лабораторных работ, состоящая в выполнении ряда заданий по ходу изучения дисциплины в компьютерных классах кафедры, оборудованных новейшей вычислительной техникой с последующей защитой лабораторных работ.

Теоретический материал курса представлен в виде текста лекций.

Практические задания и темы лабораторных работ разработаны для выработки навыков практического применения методов анализа и синтеза линейных САУ.

7. 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-1	З-ПК-1	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1	З, КИ-8, КИ-15
ПК-1.2	З-ПК-1.2	КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.2	КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.2	КИ-8, КИ-15
ПК-2	З-ПК-2	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2	З, КИ-8, КИ-15
ПК-4	З-ПК-4	КИ-8, КИ-15
	У-ПК-4	КИ-8, КИ-15
	В-ПК-4	КИ-8, КИ-15

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-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	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 – «хорошо»	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 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 –	F	Оценка «неудовлетворительно»

	«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.
--	-----------------------	--	--

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ С17 Автоматизированное проектирование устройств систем сбора-обработки данных Ч. 2 Основные методы проведения PSpice-расчетов электронных схем, Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
2. ЭИ Н34 Физические основы безопасности ядерных реакторов : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 004 Н19 Архитектура и проектирование программных систем : монография, Москва: ИНФРА-М, 2014
2. ЭИ А73 Информационно-измерительные системы ЯР и ЭУ : , Б. Ф. Ануфриев, Москва: МИФИ, 2008
3. ЭИ Щ95 Проектирование ядерно-энергетических установок космического назначения. Нейтронно-физический расчет : учебно-методическое пособие, Н. В. Щукин, С. Д. Романин, Н. П. Киселев, Москва: МИФИ, 2009

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Методика работы с программным комплексом «Ячейка ядерного реактора»

Для успешной работы программы обязательным является:

- наличие в директории с исполняемым файлом Cell.exe файла базы данных Cell.mdb, содержащей всю необходимую информацию о ядрах и веществах;
- использование русских версий операционных систем Microsoft Windows 95/98/NT 4.0(Service Pack 3 и выше) с установленными в них компонентами Data Access Objects (DAO) для работы с базами данных(.MDB), использующих Microsoft Jet database engine;
- наличие свободного дискового пространства (объем зависит от выполняемых задач и может колебаться от нескольких килобайт до десятков мегабайт);
- наличие свободной оперативной памяти (количество памяти зависит от выполняемых задач и колеблется в пределах от 2-х мегабайт до десятков мегабайт).

Если перечисленные выше требования выполняются, то смело запускаем исполняемый файл Cell.exe. На экране дисплея появится главное окно учебно-исследовательского комплекса "Ячейка ядерного реактора" (см. Рис. 3.2):

Теперь можно запустить модуль для работы с базой данных, расчетный модуль и посмотреть краткую информацию о программе

Выбрав пункт меню "Вид\Основные параметры\...", можно открыть документ для работы с таблицами, находящимися в базе данных Cell.mdb. В окне этого документа отображаются строки и столбцы, соответствующей таблицы. Для удаления и добавления элементов можно пользоваться командами меню "Правка" или кнопками на появившейся панели инструментов. При редактировании полей таблицы можно пользоваться контекстным меню (Clipboard' ом) или кнопками главной панели инструментов (см. Рис. 3.4 и 3.5)

При удалении строки ее текст отображается красным цветом, при добавлении новой строки ее текст изображается синим цветом. Но чтобы внести все изменения в таблицы базы данных надо выполнить команду меню "Правка\Сохранить изменения" или нажать соответствующую кнопку панели инструментов. Если необходимы "большие" изменения в базе данных, то лучше использовать для этих целей специальную СУБД Microsoft Access 97.

Выбрав пункт меню "Вид\Модель ячейки" можно открыть документ, в котором и происходят все вычисления и исследования. В окне этого документа изображается расчетная модель ячейки реактора и ее легенда (см. Рис. 3.6):

Меню "Правка" этого документа содержит три команды: "Параметры ячейки", "Параметры зон" и "Настройка алгоритма". Выбрав пункт "Параметры ячейки", появляется диалоговое окно, в котором задаются все геометрические параметры ячейки реактора (см. Рис. 3.7).

При выборе пункта меню "Правка\Параметры зон" появляется диалоговое окно (см. Рис. 3.8), в котором задаются свойства 3-х зон ячейки. Здесь вводятся нуклидный состав зон, температура замедлителя и ядерные концентрации элементов (для сложной решетки в первой зоне еще и местоположение нуклида в ячейке реактора). Выбор конкретного элемента осуществляется путем установки галочки в квадрате рядом с этим элементом, а задание его концентрации – путем ввода числового значения в соответствующее окно редактирования, когда этот элемент выделен в списке. Местоположение в ячейке выбирается из заранее заложенных значений с помощью выпадающего списка.

При выборе пункта меню "Правка\Настройка алгоритма" появляется диалоговое окно, в котором задается температура топлива, альбедо, количество твэлов во внешнем ряду ТВС(для сложной решетки) и геометрия ячейки(в будущих версиях программы) (см. Рис. 3.9).

После ввода всей необходимой информации можно переходить к вычислению коэффициента размножения, его составляющих и одно- двухгрупповых констант или к статистическим исследованиям. Если при вводе информации была допущена ошибка, то программа сообщит об этом и пользователь должен будет ее исправить, иначе ни какие расчеты производятся не будут. После выбора пункта меню "Вычисления\Вычислить коэффициент и константы" один раз выполнится процедура расчета и полученные результаты в виде полного отчета будут записаны в текстовый файл CellRes.txt. Этот файл можно просмотреть в любом текстовом редакторе (лучше использовать для этого непропорциональный (фиксированный) шрифт, чтобы сохранить форматирование текста) и распечатать на принтере.

Выбрав пункт меню "Вычисления\Исследование зависимостей", появится диалоговое окно "Исследования зависимостей". После ввода всей необходимой информации будет запущена процедура расчета и полученные результаты выведены в текстовый файл Research5.txt. Теперь можно, выбрав пункт меню "Графики\Исследование зависимостей", открыть документ построения графических зависимостей на экране монитора. Таких документов может быть открыто неограниченное количество. Но каждое окно документа может отображать не более десяти графиков.

Та же последовательность действий происходит при выборе пункта меню "Вычисления\Статистические исследования". Появляется диалоговое окно (см. Рис. 3.10), в котором можно выбирать варьируемые случайным образом параметры и задавать число реализаций. Выбор параметров и ввод числовых значений для них осуществляется таким же способом, как и в диалоговом окне "Параметры зон ячейки", о котором рассказано выше.

После задания всей необходимой информации и выполнения расчетной процедуры полный отчет о проведенных исследованиях выводится в текстовый файл Research33.txt (см. Приложение 2). Затем можно выбирать пункт меню "Графики\Статистические исследования" и открывать окно документа для работы с графиками (см. Рис. 3.13). Этот документ имеет свое отдельное меню. С помощью команды "Графики\Добавить график" и диалогового окна (см. Рис. 3.11) можно выводить в окно документа необходимые зависимости любым доступным в операционной системе цветом. Выбрав команду "Графики\Удалить график", появится диалоговое окно (см. Рис. 3.12), с помощью которого можно удалить любой ненужный график.

Чтобы посмотреть более точное значение величин, отложенных по осям X и Y, надо нажать правую кнопку мыши и, не отпуская ее, подвести указатель к необходимой точке графика.

3.1 Пример работы программного комплекса

В этом пункте изложена вся последовательность выполнения конкретного расчета и кратко рассказано о структуре полного отчета, сохраненного в текстовом файле CellRes.txt.

Запускаем на выполнение файл Cell.exe. Затем выбираем пункт меню "Вид\Модель ячейки" и открываем окно документа, в котором и производятся все расчеты. В меню этого документа выбираем пункт "Правка\Параметры ячейки" и в появившемся диалоге (изображенном на Рис. 3.7) вводим следующие исходные данные:

Решетка реактора: сложная;
Шаг решетки= 25.0005см;
Количество ТВЭЛов= 18;
Наружный диаметр ТВЭЛа= 1.363см;
Толщина оболочки ТВЭЛа= 0.09см;
Наружный диаметр технологической трубы= 8.8см;
Толщина стенки технологической трубы= 0.4см;
Диаметр топливного блока= 1.183см;

Количество зон есть постоянная величина и в данном диалоге представлена только для информирования пользователя.

Далее выбираем пункт меню "Правка\Параметры зон". Появляется диалоговое окно "Параметры зон ячейки" (см. Рис. 3.8), в котором вводим следующие данные:

__ЗОНА 1__

Количество подзон= 5;
Температура замедлителя= 543К;
Состав зоны:
Вещество Местоположение Концентрация, $[(\text{ядер}/\text{см}^3)*10^{-24}]$

Вода в теплоносителе 0.0261
Уран²³⁵ в топливе 0.00041985
Цирконий в оболочке ТВЭЛов 0.043352
Уран²³⁸ в топливе 0.0206568
Кислород в топливе 0.042153

__ЗОНА 2__

Количество подзон= 0;
Температура замедлителя= 543К;
Состав зоны:
Вещество Концентрация, $[(\text{ядер}/\text{см}^3)*10^{-24}]$

Цирконий 0.04278

__ЗОНА 3__

Количество подзон= 5;
Температура замедлителя= 873К;
Состав зоны:
Вещество Концентрация, $[(\text{ядер}/\text{см}^3)*10^{-24}]$

Углерод 0.085075

Количество подзон задается автоматически при выборе типа решетки реактора в предыдущем диалоге.

Выбираем пункт меню "Правка\Настройка алгоритма". Появляется диалоговое окно, изображенное на Рис. 3.9. В этом диалоге мы вводим только следующие данные:

Альбедо= 1;
Температура топлива= 773К;
Количество ТВЭЛов во внешнем ряду ТВС= 12;

Геометрия ячейки в этой версии программы всегда цилиндрическая.

Пройдя через три диалога и введя все необходимые данные, запускаем расчетную процедуру, выбрав пункт меню "Вычисления\Вычислить коэффициент и константы". После успешного завершения процедуры расчета полный отчет о проделанной работе выводится в текстовый файл CellRes.txt (распечатку этого файла для нашего примера смотри в Приложении 1). При выполнении других вычислений этот файл не замещается, а дополняется новыми результатами. Поэтому в начале нового отчета заносятся текущие дата и время на момент проведения расчетов. Ниже следуют все исходные данные заданные пользователем для проведения вычислений (точно такие же как мы задавали в нашем примере). Далее находятся результаты вычислений программы. Все найденные величины собраны в логические группы, для более простой обработки результатов, и каждая группа имеет свою легенду, в которой указываются используемые условные обозначения.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Преподавателям предлагается использовать для обучения и контроля знаний автоматизированную обучающую систему по физике реакторов. (Загребаев А.М., Овсянникова Н.В Автоматизированная обучающая система по физике реакторов Учебное пособие. М.: Изд МИФИ 1999 — 134с.)

Учебное пособие представляет собой описание автоматизированной обучающей системы (АОС) по физике реакторов. АОС состоит из трех взаимосвязанных частей: теоретической, практической (моделирующей) и экзаменационной. В АОС входят как традиционные разделы физики реакторов (критический реактор, точечная кинетика и т.д.), так и пространственно-временная динамика энергоблоков с реакторами типа ВВЭР и РБМК.

Изначально АОС разрабатывалась для первичного обучения операторов АЭС, однако, может быть полезна и студентам, специализирующимся в области ядерных энергетических установок и разработки прикладного математического обеспечения.

Автоматизированная обучающая система (АОС) по физике реактора строится как многоуровневая система, содержащая на каждом уровне три основных раздела: теоретическую часть, практическую часть и экзаменационную часть. Все три части объединены логикой обучения. Первая версия АОС по физике реактора охватывает следующие разделы:

- процессы взаимодействия нейтронов с ядрами вещества (реакции деления, захвата, рассеяния, диффузия, замедление, спектр нейтронов, средние сечения взаимодействия);
- критическое состояние реактора (условие критичности, распределение поля нейтронов и энерговыделения в критическом реакторе, эффективность органов регулирования);
- точечная кинетика реактора;
- нейтронно-физические обратные связи в реакторе (ксеноновое и самариевое отравление, выгорание, температурные обратные связи);
- динамика реактора и энергоблока с обратными связями.

Методология построения каждого из вышеперечисленных разделов подчиняется следующей схеме:

формируются основные понятия, выбираются основные законы, соотношения и практически важные числовые характеристики, знание которых свидетельствует об усвоении материала в заданном объеме;

синтезируется разветвленная схема контрольных вопросов, позволяющая проверить степень усвоения материала в соответствии с требованиями. Разрабатываются критерии оценки уровня знаний обучаемого;

разрабатывается практическая часть, т.е. набор игровых математических моделей, и формируется алгоритм взаимодействия обучаемого и математической модели таким образом, чтобы при полном прохождении цикла обучения на математической модели обучаемый мог успешно ответить на контрольные вопросы;

создается теоретическая часть раздела АОС в виде взаимосвязанных фрагментов текста и вопросов по тексту, причем правильность отдельных положений и выводов может быть проиллюстрирована при обращении к практической части.

В соответствии с методологией построения АОС приводится ее структурно-функциональная схема (рис.В.1).

Рис.В1.

Теоретическая часть реализуется в графическом режиме и включает в себя текстовое описание явления, математические выражения и изображения графиков известных зависимостей. Просмотр содержания теории осуществляется постранично. Предусматривается несколько вариантов логической связи в данной части АОС. Первый вариант — система иерархических меню, где на самом верхнем уровне пользователю предлагаются для выбора основные разделы. Выбрав необходимый раздел, можно опуститься на уровень ниже и т.д. На самом нижнем уровне располагается сама содержательная часть этого раздела, после просмотра можно перейти к другому разделу. Второй вариант — логическая связь между разделами по ключевым словам или терминам. В любом разделе используются термины, которые вводятся и определяются в любом другом месте. Эти ключевые слова выделяются на экране и по нажатию “горячей” клавиши осуществляется переход в раздел, где описывается данный термин. При этом цепочка движения по терминам может быть сколь угодно длинной, и предыстория изучения материала запоминается. Двигаясь в обратном направлении по цепочке, пользователь возвращается к исходному разделу.

Практическая часть реализуется как набор игровых моделей с информационным сопровождением, под которым понимается совокупность всех необходимых сведений для успешного использования данных игровых модулей. В основе каждого игрового модуля лежит соответствующая математическая модель и численный метод ее реализации (табл.В.1).

Таблица В.1.

Использованные математические модели и численные методы

Игровой модуль Математическая модель Численный метод

Профилирование поля энерговыделения в активной зоне Одно- и двухгрупповое уравнения диффузии Метод итерации источников

Переходные процессы при скачках реактивности Одно- и шестигрупповая модель точечной кинетики Метод Рунге-Кутты

4-го порядка

Отравление реактора ксеноном и самарием Система уравнений отравления в точечном приближении Метод Рунге-Кутты

4-го порядка

Исследование переходных процессов в энергоблоке Одномерная пространственно распределенная модель реактора с обратными связями по температуре топлива, теплоносителя,

замедлителя. Точечная модель основных элементов энергоблока Сеточные явные и неявные методы

Форма отображения результатов моделирования (графическое и текстовое представления) позволяет не только качественно оценивать характер протекающих процессов, но и получать количественные соотношения.

Экзаменационная часть реализуется в диалоговом режиме. Пользователю задается ряд вопросов и задач, ответы на которые пользователь выбирает из прилагающегося меню. Для ответа на вопрос может потребоваться обращение к теоретической или практической части. Для оценки ответов предусматривается система баллов.

Созданная автоматизированная система имеет модульную структуру, позволяющую наращивать и модифицировать ее содержание. Программное обеспечение создано в среде MS DOS. Для функционирования системы требуется ПЭВМ класса IBM PC с мониторами EGA, VGA. Требуемая память на жестком диске 1.2 мегабайт, математический сопроцессор.

Наличие на Вашем компьютере Windows предоставляет возможность одновременного изучения теории, выполнения практических заданий и ответа на вопросы экзаменационной части АОС. Для этого следует запустить на выполнение АОС в трех независимых окнах.

При проведении практических занятий следует пользоваться задачами из книги Владимирова В.И. Практические задачи по эксплуатации ядерных реакторов. – 3-е изд., перераб. И доп.- М.: Энергоиздат, 1981, 288с.

Автор(ы):

Загребяев Андрей Маркович, д.ф.-м.н.,
профессор