

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

КАФЕДРА АВТОМАТИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/0821-573.1

от 31.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ОБОРУДОВАНИИ 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, экс./зач./КР/КП
4	3	108	6	24	0	78	0	3
Итого	3	108	6	24	0	78	0	

АННОТАЦИЯ

Содержание программы направлено на:

- Приобретение знаний основных положений в технологии построения комплексных математических моделей физических процессов в оборудовании АЭС.
- Приобретение знаний о современных инструментальных и программных средствах используемых в настоящее время для построения комплексных математических моделей сложных технологических объектов.
- Умение составлять на одной из современных программных платформ программный проект математической модели определенного объекта АЭС, его отлаживать, тестировать и решать задачи по исследованию работоспособности предложенного алгоритма с выработкой рекомендаций по повышению его качества.
- Умение работать с графическим интерфейсом на современных программных платформах для управления математическими моделями объекта и организации визуализации расчетных данных.

В задачи дисциплины входит:

- Обоснование базовой системы уравнений и приближений для их решения при моделировании нейтронно-физических процессов в активной зоне ЯЭУ с реакторами различного типа.
- Обоснование базовой системы уравнений и их приближений для их решения при моделировании тепло-гидравлических процессов в ЯЭУ АЭС.
- Изучение методов построения численно устойчивых алгоритмов решения большого числа связанных нелинейных уравнений, насчитывающих десятки тысяч переменных, описывающих нейтронно-физические и тепло-гидравлические процессы в ЯЭУ.
- Изучение современных инструментальных средств и программных платформ для создания, тестирования и использования комплексных математических моделей физических процессов в оборудовании АЭС.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины является обучение студентов основным положениям в технологии построения комплексных математических моделей физических процессов в оборудовании АЭС для компьютерных тренажеров различного назначения. Их ознакомление с тем, какое место занимают комплексные математические модели объекта в проектировании и пуске-наладке современных цифровых АСУ ТП на Российских АЭС.

Содержание программы направлено на:

- Приобретение знаний основных положений в технологии построения комплексных математических моделей физических процессов в оборудовании АЭС.
- Приобретение знаний об основных методах перехода от аналоговой формы уравнений к дискретной для последующего составления алгоритмов их решения, об основных методах решения нелинейных и линейных систем алгебраических уравнений, о понятии численной устойчивости расчетной схемы, основных условий численной устойчивости расчетной схемы, о понятии модели реального времени и требований к её созданию.
- Приобретение знаний о современных инструментальных и программных средствах используемых в настоящее время для построения комплексных математических моделей сложных технологических объектов.

- Умение составлять на одной из современных программных платформ «ЭНИКАД» (используется в настоящее время на различных этапах проектирования цифровых АСУ ТП для российских АЭС) программный проект математической модели определенного объекта АЭС, его отлаживать, тестировать и решать задачи по исследованию работоспособности предложенного алгоритма с выработкой рекомендаций по повышению его качества.

- Умение работать с графическим интерфейсом на современных программных платформах (на примере «ЭНИКАД») для управления математическими моделями объекта и организации визуализации расчетных данных.

В задачи дисциплины входит:

- Изучение методологии построения математических моделей сложных технологических объектов таких, как АЭС

- Изучение методов перехода от аналоговой формы уравнений, описывающих процессы в оборудовании АЭС, к дискретной форме.

- Обоснование базовой системы уравнений и приближений для их решения при моделировании нейтронно-физических процессов в активной зоне ЯЭУ с реакторами различного типа.

- Обоснование базовой системы уравнений и их приближений для их решения при моделировании тепло-гидравлических процессов в ЯЭУ АЭС.

- Изучение различных методов пространственной и временной дискретизации базовой системы уравнений в частных производных, выбранной для моделирования процессов в оборудовании АЭС.

- Изучение методов построения численно устойчивых алгоритмов решения большого числа связанных нелинейных уравнений, насчитывающих десятки тысяч переменных, описывающих нейтронно-физические и тепло-гидравлические процессы в ЯЭУ.

- Изучение способов построения связанной карты режимов, используя замыкающие соотношения для различных диапазонов параметров, получение непрерывной по всем нужным параметрам интерполяционной процедуры для всережимных математических моделей.

- Изучение различных способов интерполяции нейтронно-физических сечений и теплофизических свойств различных сред и материалов для их применения в моделях физических процессов в ЯЭУ.

- Изучение организации различных способов вычислений в программах, реализующих всережимные модели сложных технологических объектов. Изучение современной концепции формирования топливного цикла в реакторах ВВЭР.

- Изучение современных инструментальных средств и программных платформ для создания, тестирования и использования комплексных математических моделей физических процессов в оборудовании АЭС.

- Приобретение студентом знаний о современных инструментальных средствах и программных платформах для создания, тестирования и использования комплексных математических моделей физических процессов в оборудовании АЭС.

- Приобретение умения ориентироваться в современных тенденциях и методах построения математических моделей физических процессов в сложных технологических объектах.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данная дисциплина является основой для получения студентами знаний о том, какое место занимает моделирование физических процессов в проектировании современных АСУ ТП, и навыков по использованию современных программных средств для построения комплексных математических моделей сложных технологических объектов таких, как реактор, активная зона, реакторная установка и других компонентов АЭС.

Для изучения данной дисциплины студент должен обладать знаниями:

- по следующим разделам высшей математики: линейная алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения, уравнения математической физики;
- по физике ядерных энергетических установок;
- по курсу “Вычислительная математика”.

Обладание этими знаниями поможет при выполнении дипломного проектирования, УИР, а также при практической работе выпускников по специальности.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1 [1] – Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач	З-ОПК-1 [1] – знать: цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов У-ОПК-1 [1] – уметь: составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты В-ОПК-1 [1] – владеть: систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки, базовыми навыками проведения научно- исследовательских работ по предложенной теме.
ОПК-2 [1] – Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	З-ОПК-2 [1] – Знать: современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы; У-ОПК-2 [1] – Уметь: применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы В-ОПК-2 [1] – Владеть: навыками применения современных методов исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ОПК-3 [1] – Способен оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в	З-ОПК-3 [1] – Знать: основы оформления результатов научно- исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использова-

<p>виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ</p>	<p>нием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ. У-ОПК-3 [1] – Уметь: оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ. В-ОПК-3 [1] – Владеть: навыками оформления результатов научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ.</p>
---	--

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			
<p>совокупность средств, способов и методов человеческой деятельности, связанных с разработкой, созданием и эксплуатацией установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих ядерную энергию</p>	<p>ядерные реакторы и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы и математические модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в</p>	<p>ПК-4 [1] - Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>З-ПК-4[1] - Знать: цели и задачи проводимых исследований; основные методы и средства проведения экспериментальных и теоретических исследований; методы и средства математической обработки результатов экспериментальных данных ; У-ПК-4[1] - Уметь: применять методы проведения экспериментов; использовать математические методы обработки результатов исследований и их обобщения; оформлять результаты научно-исследовательских работ;</p>

	области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования энергии.		В-ПК-4[1] - Владеть: навыками самостоятельного выполнения экспериментальных и теоретических исследования для решения научных и производственных задач
совокупность средств, способов и методов человеческой деятельности, связанных с разработкой, созданием и эксплуатацией установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих ядерную энергию	ядерные реакторы и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы и математические модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования энергии.	ПК-9.2 [1] - способен использовать современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательских работах для проведения расчетно-теоретических разработок ЯЭУ, учета и контроля объектов с ядерными материалами <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-9.2[1] - Знать новые методы совершенствования действующих технологических процессов; У-ПК-9.2[1] - Уметь анализировать информационные документы с результатами научных исследований; В-ПК-9.2[1] - Владеть современными пакетами прикладных компьютерных программ
проектный			
совокупность средств, способов и методов человеческой деятельности, связанных с разработкой,	ядерные реакторы и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах	ПК-5 [1] - Способен проводить расчет и проектирование физических установок и приборов с использованием современных	З-ПК-5[1] - Знать основные физические законы и стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании

<p>созданием и эксплуатацией установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих ядерную энергию</p>	<p>ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы и математические модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования энергии.</p>	<p>информационных технологий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>физических процессов и установок ; У-ПК-5[1] - Уметь применять стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок; В-ПК-5[1] - Владеть стандартными прикладными пакетами используемыми при моделировании физических процессов и установок</p>
<p>производственно-технологический</p>			
<p>совокупность средств, способов и методов человеческой деятельности, связанных с разработкой, созданием и эксплуатацией установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих ядерную энергию</p>	<p>ядерные реакторы и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы и математические</p>	<p>ПК-10 [1] - Способен решать инженерно-физические и экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>3-ПК-10[1] - Знать основные пакеты прикладных программ для решения инженерно-физических и экономических задач ; У-ПК-10[1] - Уметь осуществлять подбор прикладных программ для решения конкретных инженерно-физических и экономических задач; В-ПК-10[1] - Владеть навыками работы с прикладными программами для решения инженерно-физических и экономических задач</p>

	<p>модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования энергии.</p>		
--	---	--	--

4. 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>4 Семестр</i>						
1	Раздел 1	1-4	2/4/0		15	КИ-4	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-ПК-9.2, У-ПК-9.2, В-ПК-9.2
2	Раздел 2	5-8	2/12/0		15	КИ-8	З-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3
3	Раздел 3	9-10	1/4/0		30	КИ-10	З-ПК-10, У-

							ПК-10, В-ПК-10
4	Раздел 4	11-13	1/4/0		30	КИ-13	3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-9.2, У-ПК-9.2, В-ПК-9.2
	<i>Итого за 4 Семестр</i>		6/24/0		90		
	Контрольные мероприятия за 4 Семестр				10	30	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4,

							3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-9.2, У-ПК-9.2, В-ПК-9.2, 3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3
--	--	--	--	--	--	--	---

* – 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
ЗО	Зачет с оценкой
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>4 Семестр</i>	6	24	0
1-4	Раздел 1	2	4	0
1	Введение в дисциплину. Предмет курса и его задачи. Необходимость моделей физических процессов для проектирования современных АСУ ТП.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Классификация моделей. Особенности объектно-ориентированных комплексных моделей. Принципы классификации моделей. Общие принципы построения моделей.	Всего аудиторных часов		
		0	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Инструментальные и программные средства для	Всего аудиторных часов		

	разработки и управления комплексных математических моделей. Требования к инструментальным и программным средствам для построения комплексных математических моделей.	1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Ознакомление с компьютерной программной платформой «ЭНИКАД» и её компонентами. Ознакомление с работой модели ЯЭУ с ВВЭР-1000. Ознакомление с компьютерной программной платформой «ЭНИКАД» и её компонентами. Ознакомление с работой модели ЯЭУ с ВВЭР-1000.	Всего аудиторных часов		
		0	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
5-8	Раздел 2	2	12	0
5	Понятие адекватности моделирования. Выбор базовой системы математических уравнений и соответствующих приближений для описания моделируемого физического процесса. Понятие точности моделирования. Различные критерии точности. Основные методы временной и пространственной дискретизации дифференциальных уравнений для перехода от аналоговой формы представления к дискретной.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Разбор примеров адекватности моделирования. Детальный разбор примеров адекватного и неадекватного моделирования физических процессов при их взаимодействии с моделями систем управления и при использовании различных схем пространственной дискретизации уравнений в частных производных, используемых в моделях оборудования АЭС. Демонстрация важности адекватности моделирования на примерах из практики расчетного сопровождения эксплуатации и обеспечения проектирования различных реакторных установок.	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Определение интегральной и дифференциальной характеристик различных групп ОР СУЗ в реакторах ВВЭР-1000. Определение интегральной и дифференциальной характеристик различных групп ОР СУЗ в реакторах ВВЭР-1000.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Определение характеристик отдельных ОР СУЗ и температуры повторной критичности в реакторах ВВЭР-1000. Определение характеристик отдельных ОР СУЗ и температуры повторной критичности в реакторах ВВЭР-1000.	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-10	Раздел 3	1	4	0
9	Выбор численных схем решения больших систем нелинейных уравнений и критерии их эффективности при моделировании процессов в оборудовании АЭС. Выбор численных схем решения больших систем сильно нелинейных и слабо нелинейных алгебраических уравнений. Понятие численной устойчивости расчетных схем. Метод Ньютона как один из самых эффективных методов на практике для решения сильно нелинейных	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

	уравнений. Неявные и явные схемы дискретизации по времени различных систем дифференциальных уравнений. Понятие прямого и обратного числа Куранта при использовании различных схем временной дискретизации дифференциальных уравнений.			
10	Исследование качества моделирования динамических режимов в активной зоне в зависимости от временной дискретизации базовой системы уравнений и качества интерполяционных процедур. Исследование качества моделирования динамических режимов в активной зоне в зависимости от временной дискретизации базовой системы уравнений и качества интерполяционных процедур.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11-13	Раздел 4	1	4	0
11	Особенности физических измерений на АЭС. Интерпретация измерений различных параметров ЯЭУ. Интерпретация измерений различных параметров ЯЭУ. Результаты измерений - критерий истины только при адекватной интерпретации этих результатов.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Моделирование измерений на АЭС с ВВЭР-1000 и интерпретация результатов этих измерений. Адекватное моделирование процесса измерений – путь к адекватной интерпретации результатов измерений. Разбор примеров из практики измерений на АЭС с ВВЭР-1000. Тестирование моделей физических процессов по экспериментальным данным АЭС.	Всего аудиторных часов		
		0	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Сдача результатов выполнения Лабораторного Практикума. Сдача результатов выполнения Лабораторного Практикума.	Всего аудиторных часов		
		0	2	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>4 Семестр</i>
4	Инструментальные и программные средства для

	<p>разработки моделей физических процессов и управления ими.</p> <p>Ознакомление с компьютерной программной платформой «ЭНИКАД» и её компонентами. Изучение графического интерфейса для работы с моделями и экранными форматами. Средства управления моделью и возможности их создания и редактирования. Организация программного проекта из различных моделей средствами «ЭНИКАД». Проведение тестирования моделей с использованием всех сервисных средств «ЭНИКАД».</p>
7	<p>Понятие адекватности моделирования физических процессов в оборудовании АЭС.</p> <p>Исследование точности расчета нейтронно-физических характеристик активной зоны реактора ВВЭР-1000 в зависимости от качества пространственной и временной дискретизации дифференциальных уравнений диффузии нейтронов и тепломассопереноса в активной зоне, используемых в различных программах расчета параметров активной зоны порядка на примере расчета интегральной и дифференциальной характеристик различных групп ОР СУЗ в реакторах ВВЭР-1000.</p>
8	<p>Понятие адекватности моделирования физических процессов в оборудовании АЭС.</p> <p>Исследование точности расчета нейтронно-физических характеристик активной зоны реактора ВВЭР-1000 в зависимости от качества пространственной и временной дискретизации дифференциальных уравнений диффузии нейтронов и тепломассопереноса в активной зоне, используемых в различных программах расчета параметров активной зоны порядка на примере расчета характеристик отдельных ОР СУЗ и температуры повторной критичности в реакторах ВВЭР-1000. Рассмотрение примеров из практики расчетного сопровождения эксплуатации и проектирования ЯЭУ с ВВЭР.</p>
10	<p>Выбор численных схем решения систем уравнений для моделирования физических процессов в оборудовании АЭС и критерии их эффективности.</p> <p>Моделирование ксеноновых колебаний локальной мощности в активной зоне реактора ВВЭР-1000. Исследование механизмов подавления таких колебаний в теории и на практике. Исследование качества моделирования ксеноновых колебаний локальной мощности от качества временной и пространственной дискретизации дифференциальных уравнений, используемых для построения математической модели объекта. Исследование прогнозируемой способности алгоритмов расчета и их эффективности от качества пространственной и временной дискретизации.</p>
12	<p>Задачи и методы расчетной интерпретации физических измерений на АЭС.</p> <p>Моделирование измерений эффективности различных</p>

	групп ОР СУЗ на АЭС с ВВЭР-1000 и «веса» аварийной защиты – АЗ, и интерпретация результатов этих измерений. Методика тестирования расчетных программ сопровождения по данным экспериментальным данным.
13	Сдача результатов выполнения лабораторных работ. Ответы на контрольные вопросы. Сдача результатов выполнения лабораторных работ. Ответы на контрольные вопросы.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины используются различные образовательные технологии – во время аудиторных занятий занятия проводятся в форме лекций. Для контроля усвоения студентом разделов данного курса используются контрольные вопросы к каждому разделу курса лекций. Ответы на вопросы к предыдущему разделу, получаются устно в ходе 15 минутной разминки с аудиторией перед началом лекций по следующему разделу курса. В случае пассивности аудитории во время данной разминки преподаватель возвращается к этим вопросам на следующей лекции. В случае полной пассивности на всех лекциях данные вопросы становятся дополнением к зачетным билетам. Во время лабораторных занятий используется для контроля понимания вопросы, подготовленные для каждого занятия. После завершения практического занятия и получения результатов данного занятия студент получает задание по и сдает его на следующем занятии. Самостоятельная работа заключается в выполнении задания по результатам практического занятия. В конце курса проводится итоговая аттестация.

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)
ОПК-1	З-ОПК-1	ЗО, КИ-4
	У-ОПК-1	ЗО, КИ-4
	В-ОПК-1	ЗО, КИ-4
ОПК-2	З-ОПК-2	ЗО
	У-ОПК-2	ЗО
	В-ОПК-2	ЗО
ОПК-3	З-ОПК-3	ЗО, КИ-8
	У-ОПК-3	ЗО, КИ-8
	В-ОПК-3	ЗО, КИ-8
ПК-10	З-ПК-10	ЗО, КИ-10
	У-ПК-10	ЗО, КИ-10
	В-ПК-10	ЗО, КИ-10
ПК-4	З-ПК-4	ЗО
	У-ПК-4	ЗО

	В-ПК-4	ЗО
ПК-5	3-ПК-5	ЗО, КИ-13
	У-ПК-5	ЗО, КИ-13
	В-ПК-5	ЗО, КИ-13
ПК-9.2	3-ПК-9.2	ЗО, КИ-4, КИ-13
	У-ПК-9.2	ЗО, КИ-4, КИ-13
	В-ПК-9.2	ЗО, КИ-4, КИ-13

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 – «неудовлетворительно»	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. 621.039 В92 Безопасность и задачи инженерной поддержки эксплуатации ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
2. ЭИ В92 Безопасность и задачи инженерной поддержки эксплуатации ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Ф50 Физические и конструкционные особенности ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие для вузов, , Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
2. 519 С17 Введение в численные методы : учебное пособие для вузов, А. А. Самарский, Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2009
3. 621.3 Б40 Безопасность при эксплуатации атомных станций : учебное пособие для вузов, ред. : Н. Н. Давиденко, Москва: МИФИ, 2007
4. 621.039 Ф50 Физические и конструкционные особенности ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие для вузов, С. Б. Выговский [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

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

1. Указания для прослушивания курса.

Перед началом занятий внимательно ознакомьтесь с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Вспомнить основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю.

Основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

Желательно использовать учебные пособия, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

2. Указания для работы на практических занятиях.

Уяснить тему занятия и самостоятельно изучить связанные с ней понятия и методы решения задач.

Активно участвовать в обсуждении с преподавателем основных понятий, связанных с темой занятия.

Вести дискуссию с преподавателем о правильности применения методов их решения.

По возможности самостоятельно доводить решение предлагаемых задач до окончательного итога.

3. Указания по выполнению самостоятельной работы

Получить у преподавателя задание и список рекомендованной литературы.

Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовить письменный отчет о проделанной работе.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

1. Указания для проведения курса.

Сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемые в курсе. Дать перечень рекомендованной литературы и вновь появившихся литературных источников.

Перед изложением текущего материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

Внимательно относиться к вопросам студентов и при необходимости давать дополнительные более подробные пояснения.

Преимущественно внимание уделять качественным вопросам, не следует увлекаться математическими выкладками, оставляя их либо на студентов, либо отсылая студентов к литературным источникам и методическим пособиям.

В процессе чтения курса по возможности возвращаться к основным понятиям (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов).

Желательно использовать учебные пособия, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Давать рекомендации студентам для подготовки к очередным занятиям.

Уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

2. Указания для проведения практических занятий.

Четко обозначить тему занятия. Обсудить основные понятия, связанные с темой занятия.

В процессе решения задач вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний.

Отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и дискуссиях.

В конце занятия задать аудитории несколько контрольных вопросов.

3. Указания по контролю самостоятельной работы студентов.

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

Автор(ы):

Чернов Евгений Владимирович