

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

КАФЕДРА АВТОМАТИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/0821-573.1

от 31.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИКА РЕАКТОРОВ, БЕЗОПАСНОСТЬ И КОНТРОЛЬ (REACTOR PHYSICS SAFETY AND CONTROL)

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.04.02 Ядерные физика и технологии
[2] 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

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
3	4	144	16	16	0	76	0	Э
Итого	4	144	16	16	0	16	76	0

АННОТАЦИЯ

Introduction. Main technical and physical characteristics of Nuclear Power Facilities as a control object. The main tasks of physical processes simulation used to verify and optimize the control algorithms and to monitor the key performance parameters of NPF components. Reactor control and protection system of up-to-date NPF as a part of Process Control System. Monitoring of reactor core parameters and parameters of NPF as a whole.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Introduction. Main technical and physical characteristics of Nuclear Power Facilities as a control object. The main tasks of physical processes simulation used to verify and optimize the control algorithms and to monitor the key performance parameters of NPF components. Reactor control and protection system of up-to-date NPF as a part of Process Control System. Monitoring of reactor core parameters and parameters of NPF as a whole.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

The discipline is included in the basic part of the professional module

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
	проектный		
Формирование целей проекта (программы) решения задач, критериев и показателей достижения целей, построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач с учетом всех	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-1.4 [1] - Способен проводить системный анализ эффективности и конкурентоспособности создаваемых ЯЭУ <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-1.4[1] - Знать: классификацию атомных электростанций, главные их составляющие, включая контуры охлаждения, парогенераторы, паровые турбины, компоновку

аспектов деятельности			<p>основного контура теплоносителя и вспомогательные системы; компоненты ядерного топливного цикла, открытый и замкнутый топливный циклы, классификация радиоактивных отходов, методы обращения и захоронения различных типов радиоактивных отходов, краткосрочные и долгосрочные последствия действия ионизирующего излучения ; У-ПК-1.4[1] - Уметь: проводить экономический анализ новых технологических процессов, систем или методик, которые могут найти применение на атомных электростанциях; В-ПК-1.4[1] - Владеть: навыками конструирования и внедрения новых продукты или системы, предназначенные для атомных электростанций</p>
Разработка обобщенных вариантов решения проблемы, анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений в условиях	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-6 [1] - Способен оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий,	З-ПК-6[1] - Знать основные нормативные документы по регулированию рисков возникающих в процессе эксплуатации новых

<p>многокритериальности, неопределенности, планирование реализации проекта</p>		<p>разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения ; У-ПК-6[1] - Уметь оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения; В-ПК-6[1] - Владеть методами оценки рисков и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения</p>
<p>производственно-технологический</p>			
<p>Инженерно-физическое сопровождение эксплуатации активной зоны реакторной установки</p>	<p>Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий</p>	<p>ПК-1.5 [1] - Способен самостоятельно решать задачи, связанные с управлением нейтронно-физическими параметрами и эксплуатацией ЯЭУ</p> <p><i>Основание:</i></p>	<p>З-ПК-1.5[1] - Знать: основные типы систем на атомных электростанциях, назначение основных структурных элементов таких систем; общую роль систем управления в</p>

		Профессиональный стандарт: 24.028	<p>ядерных реакторах, линейные системы управления, функционирование регулирующих стержней, выгорающий и растворимый поглотители ;</p> <p>У-ПК-1.5[1] - Уметь: разрабатывать стратегии управления, помогающие атомной электростанции безопасно и экономично осуществлять выработку электроэнергии. ;</p> <p>В-ПК-1.5[1] - Владеть: навыками создания и внедрения новых правил или процедур для улучшения эффективности управления, повышения уровня качества и безопасности на предприятиях ядерной отрасли; навыками конструирования новые технические устройства, учитывая заданные требования</p>
Инженерно-физическое сопровождение эксплуатации активной зоны реакторной установки	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	<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 ;</p> <p>У-ПК-10[1] - Уметь осуществлять подбор прикладных</p>

			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
Обобщение результатов, проводимых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью выработка предложений по разработке новых и усовершенствованию действующих ядерно-энергетических технологий"	экспертный Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-1.6 [1] - Способен использовать современные достижения и передовые технологии для совершенствования имеющихся и развития перспективных ЯЭУ <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-1.6[1] - Знать: основополагающие документы по технической и регулирующей литературе, касающейся работы АЭС, знать методы получения доступа и оценивания отчетов и научных статей; У-ПК-1.6[1] - Уметь: заимствовать из технической литературы и развивать независимый анализ проблем, связанных с реакторными технологиями; В-ПК-1.6[1] - Владеть: навыками использования технической документации и публикации, отчетов о ходе работ, справочниками и другими источниками информации.
Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера	ПК-11 [1] - Способен к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их	З-ПК-11[1] - Знать законодательные и нормативные акты регулирующие деятельность в

исследований	научных исследований в области ядерной физики и технологий	соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности ; У-ПК-11[1] - Уметь проводить анализ технических и расчетно-теоретических разработок с учетом их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам; В-ПК-11[1] - владеть методами анализа технических и расчетно-теоретических разработок, и учета их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам
организационно-управленческий			
"Руководство и управление деятельностью персонала и обеспечение безопасного проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-1.7 [1] - Способен обосновывать научно-технические и организационные решения в области проектирования и создания ЯЭУ <i>Основание:</i> Профессиональный	З-ПК-1.7[1] - Знать: основы ядерного нераспространения, роль международных гарантий, Договор о нераспространении ядерного оружия и основные международные

работ"		стандарт: 24.078	соглашения, роль Международного агентства по атомной энергии; основы физической защиты ядерных объектов, ядерно-физической безопасности ядерных материалов, радиоактивных источников и ядерных установок; основы проектного менеджмента и их приложение в проектных организациях. ; У-ПК-1.7[1] - Уметь: разрабатывать проекты, соответствующие техническим требованиям и стандартам, действующим в сфере ядерных технологий на АЭС; В-ПК-1.7[1] - Владеть: навыками управления проектами для проведения совместных работ с другими членами коллектива, оценки качества и эффективности персонала и повышения его производительности; навыками принятия организационных и управленческих решений, включая управление знаниями, позволяющие добиться оптимальных результатов относительно
--------	--	------------------	--

			качества, надёжности, экономии, ядерной безопасности и защиты окружающей среды; базовыми навыками проведения презентаций и преподавания
научно- исследовательский			
исследования неравновесных физических процессов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, ядерно-физических установок, обеспечения ядерной и радиационной безопасности, безопасности ядерных материалов и физической защиты ядерных объектов, систем контроля и автоматизированного управления ядерно-физическими установками.	ядерные реакторы и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители и 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-8 [2] - способен владеть расчетно-теоретическими и экспериментальными методами исследования физических процессов, выполнять экспериментальные исследования и проводить обработку, анализ и обобщение полученных результатов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-8[2] - знать типовые методики и номенклатуру выполнения измерений и расчетов процессов; ; У-ПК-8[2] - уметь обрабатывать результаты измерений и анализировать результаты расчетов;; В-ПК-8[2] - владеть методами исследования физических процессов

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>3 Семестр</i>						
1	Module 1	1-2	2/2/0		15	КИ-8	3-ПК-1.4, У-ПК-1.4, В-ПК-1.4, 3-ПК-1.5, У-ПК-1.5, В-ПК-1.5
2	Module 2	3-8	6/6/0		15	КИ-8	3-ПК-1.5, У-ПК-1.5, В-ПК-1.5, 3-ПК-1.7, У-ПК-1.7, В-ПК-1.7
3	Module 3	9-16	8/8/0		20	КИ-16	3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-10, У-ПК-

							10, В- ПК- 10
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		16/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 3 Семестр				50	Э	3-ПК-1.4, У-ПК-1.4, В-ПК-1.4, 3-ПК-1.5, У-ПК-1.5, В-ПК-1.5, 3-ПК-1.6, У-ПК-1.6, В-ПК-1.6, 3-ПК-1.7, У-ПК-1.7, В-ПК-1.7, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-10, У-

							ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11
--	--	--	--	--	--	--	---

* – 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>3 Семестр</i>	16	16	0
1-2	Module 1	2	2	0
1 - 2	Introduction The subject and objectives of the training course. Major trends in the development of nuclear power industry, including Process Control Systems (PCS) for the new generation power units, in Russia and abroad. Main engineering and design characteristics of the new-generation nuclear power units, the general features and functional structure of the modern reactor control and protection systems. Specific physical phenomena inherent to the modern The main technical and design specifications of the new-generation Nuclear Power Facilities (NPF), general characteristics and functional composition of NPF Control and Protection System. Specific physical phenomena typical to the modern nuclear power facilities in transient and emergency modes.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3-8	Module 2	6	6	0
3	Key neutronic characteristics of a reactor core at up-to-date nuclear power units. Dynamic characteristics of a reactor as a control object. 1. What are the main dynamic characteristics of reactor and how they affect time-dependent behavior of both prompt and	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

	<p>delayed neutrons.</p> <p>2. What is the reactivity of the reactor? What is the power reactivity effect? What is the temperature reactivity effect?</p> <p>3. What is the “start-up fuel load”? What is the “steady-state fuel load”? What is the difference between power reactivity effects for start-up fuel load and steady-state fuel load? What is the difference between temperature reactivity effects for start-up fuel load and steady-state fuel load?</p> <p>4. What safety parameters are necessary for the analysis of the integrity of the core during neutron burst period?</p> <p>5. For what fuel load (start-up or steady-state) and for what period of the campaign (beginning-of-campaign or end-of-campaign) prompt neutron bursts are more dangerous?</p> <p>6. Why one-group neutron kinetics model (according to the number of delayed neutrons) cannot be used to describe the dynamic behavior of the reactor?</p> <p>7. Can a one-group neutron kinetics model be used to get the asymptotic reactor period? When?</p> <p>8. How power and temperature reactivity effects depend on fuel enrichment?</p>			
4	<p>Key neutronic characteristics of a reactor core at up-to-date nuclear power units. Dynamic characteristics of a reactor as a control object.</p> <p>1. What parameter determines the type of interaction of a neutron with a nucleus, including absorption and fission? What is microscopic cross section absorption of a neutron and what is macroscopic cross-section absorption?</p> <p>2. Describe the behavior of neutron capture cross-section depending on its velocity in the energy thermal range (0-2 eV)?</p> <p>3. How the average energy of neutrons in the thermal range depends on neutron capture in different materials?</p> <p>4. How the moderating efficiency of coolant depends on its density? How the thermal utilization factor depends on coolant density in unborated water?</p> <p>5. Where the dependency of the thermal utilization factor on the water density is stronger: in fuel assemblies with low-enriched fuel or in fuel assemblies with high-enriched fuel?</p> <p>6. How the dependency of the coefficient of thermal neutrons on the coolant density is changed in the presence of boron in water? How this relationship is modified with increasing concentration of boron in the water?</p> <p>7. What factors determine the neutron-multiplying properties in the core? Use the formula of four cofactors.</p> <p>8. Why the dependency of power reactivity effect on the enrichment and on boron concentration is not as strong as the dependency of temperature reactivity effect on these factors?</p> <p>9. Why the power and temperature reactivity effects increase with insertion of the control rods without changing soluble boron concentration? How these values depend on the number of control rods?</p>	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

	<p>10. Why the power and temperature reactivity effects increase in absolute value from the beginning to the end of campaign?</p> <p>11. What is control rod worth? Would 61 control rods be enough to ensure subcriticality of VVER-1000 reactor in any core condition? Would 121 control rods be enough to ensure subcriticality of VVER-1000 reactor in any core condition?</p> <p>12. How control rod worth and random reactivity effect is determined in static calculations? What is control rod worth and reactivity effect in dynamic calculations?</p> <p>13. What is the difference in control rods worth values obtained in static and dynamic calculations? What are the reasons of this difference?</p>			
5 - 6	<p>The required accuracy of physical processes simulation in NPP equipment, which enables the testing of control algorithm under design and operation.</p> <p>1. Explain the phenomenon of resonance neutron capture in uranium-238. How does the extent of neutron capture depend on fuel temperature?</p> <p>2. How can one represent the dependency of resonance neutron capture on fuel temperature in the approximation of uniform neutron distribution along fuel pellet surface (at an arbitrary radial temperature profile and in the approximation of an optically thin medium)?</p> <p>3. Which area of fuel pellet is characterized by higher neutron capture?</p> <p>4. Which area of fuel pellet is characterized by higher effect of temperature variations on neutron capture, peripheral or central?</p> <p>5. What parameter changes more due to neutron power variations: average fuel temperature or local temperature near fuel pellet surface?</p> <p>6. What is the effective fuel temperature for determining the Doppler's effect value?</p> <p>7. How do parameters of xenon local power oscillations in the core change due to transition from Doppler's effect calculations based on average fuel temperature to calculations based on effective fuel temperature?</p> <p>8. Which interpolation procedures are used to approximate neutron cross-sections based on operational parameters? Which of them are preferable in relation to computation time? Which of them are preferable in relation to computation accuracy?</p> <p>9. In what range of coolant temperatures and boron concentration in water are accurate interpolation procedures most important and why?</p> <p>10. For which fuel loads is the accuracy of neutron cross-section interpolations from boron concentration and water density particularly important and why?</p> <p>11. Why is high accuracy of reactivity coefficients computation so important in testing newly designed or upgraded control systems?</p>	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	<p>Neutronic characteristics of groups of CPS rods and individual control elements.</p>	Всего аудиторных часов		
		2	2	0

	<p>1. Explain the of reactivity (ICh and DCh) on the position of CR operating group (depth of insertion).</p> <p>2. Explain the dependence of CR integral and differential characteristics on reactor power level (low power, 25%, 50%, 75% and 100% of rated power).</p> <p>3. Explain the mutual influence of CR groups using an example integral and differential characteristics of group #9, when group #10 is withdrawn/inserted.</p> <p>Study an example integral and differential characteristics of group #10, when group #9 is withdrawn/inserted. Compare the results.</p> <p>4. Explain the dependence of CR group integral and differential characteristics on its position in the core.</p> <p>5. Explain the difference between dynamic reactivity based calculation of CR group integral and differential characteristics and reactivity measured by EIC.</p> <p>6. Explain the difference between integral and differential characteristics of CR operating group at the beginning and at the end of steady state fuel campaign.</p> <p>7. Explain the difference between integral and differential characteristics of CR operating group at the beginning and at the end of the first fuel campaign.</p> <p>8. Explain the difference between integral and differential characteristics of CR operating group at the beginning and at the end of the first and steady state fuel campaign.</p>	Онлайн		
		0	0	0
9-16	Module 3	8	8	0
9	<p>The structure and functions of reactor control and protection system (CPS). Coordination of reactor CPS and safety control systems.</p> <p>1. Scram system functionality and composition.</p> <p>2. ПЗ-1 (alarm reporting) functionality and tripping factors.</p> <p>3. ПЗ-2 (alarm reporting) functionality and tripping factors.</p> <p>4. What is accelerated alarm reporting system (“УПЗ”) and how it works?</p> <p>5. NFME functionality and composition.</p> <p>6. How does scram actuation system look like? How many control rod drivers are used in V 320 design? In NPP-2006 design ?</p> <p>7. What is Automatic Power Control system? What APC operation regimes do you know?</p> <p>8. How Automatic Power Control system performance is connected to Electro-hydraulic control system within turbine control system?</p> <p>9. Why reactor discharge is not recommended at 40% of rated power while the turbine is running?</p>	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	<p>The main characteristics of PCS regulators (controllers) of reactor power.</p> <p>1. What is APC and what are APC functions in Control and Protection System?</p> <p>2. What is EHCS and what are EHCS functions in Process Control System?</p> <p>3. How operation modes of APC and EHCS are</p>	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

	<p>interconnected?</p> <p>4. Tell about APC operation modes and its main characteristics.</p> <p>5. What is the function of APC dead zone and how it can be determined (from top/from bottom)?</p> <p>6. When retrimming is more likely to happen: at the beginning or at the end of campaign?</p> <p>7. Why this is not reasonable (and even dangerous) to increase number of control rods in the operating group up to 9 or to 12?</p> <p>8. Why CR movement speed was fixed at 2 cm/sec and not 1 cm/sec or 4 cm/sec?</p>			
11 - 12	<p>Dependency of CPS algorithms and parameters of their main controllers (automatic power controller and power-limiting controller) in transient modes on the physical properties of NPF reactor core.</p> <p>1. List in-core local power limitations.</p> <p>2. What control system and what detectors can be used for assessment of thermal safety in reactor core?</p> <p>3. Describe NPF operating mode with disconnection of one MCP. What safety systems are used then?</p> <p>4. What CPS algorithm is used during MCP disconnection?</p> <p>5. Why the Accelerated preventive protection algorithm is applied for Unit discharge in case of one MCP failure?</p> <p>6. Specify CR group selection criteria for Accelerated preventive protection.</p> <p>7. How does PDME system facilitate the work of personnel in transients associated with control rods movement.</p> <p>8. Why it is not recommended to discharge the reactor below 40% of rated power when turbine is operating?</p> <p>9. Why violation of normal operation, resulting in the unit discharge to 40% of rated power dangerous at turbine operating at the end of campaign?</p> <p>10. Why EIC-based power density measurements (unadjusted) differ from ICMS? How this difference depends on the depth of control rods insertion.</p> <p>11. Does insertion of a peripheral CR group (located in the second peripheral row of FAs) overestimate or underestimate EIC-based reactor power measurements?</p> <p>12. Does insertion of an inner CR group (located in the fourth or fifth row of FAs from the core boundaries) overestimate or underestimate EIC-based reactor power measurements?</p> <p>13. Why withdrawal of CR group of Accelerated reactor discharge system usually leads to increasing power density irregularity factor KV rather than to decreasing?</p> <p>14. Why is it true for some core conditions that during reactor power discharge initiated by the preventive protection system ("ПЗ") Reactor power reducing system («ПОМ») is activated? What circumstances contribute to the restart of the "ПОМ"?</p> <p>15. What algorithms for CR groups movement control do you know, which are associated with the Control rods individual and group control system («СГИУ»)?</p>	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	<p>Reactor control at normal operation in steady-state or scheduled transient operation regimes</p>	Всего аудиторных часов		
		2	2	0

	<ol style="list-style-type: none"> 1. What is APC and what are APC functions in NPF control? 2. What is NFME? 3. What is APC N-mode? 4. What is APC T-mode? 5. When T-mode can be switched to N-mode and why? 6. What is the main APC mode under normal operation? 7. Why N-mode is used in transient regimes? 8. Where APC is performing better: in start-up or steady-state mode? Why? 9. How deviation between EIC power measures and actual reactor power in T0Mode is explained? 10. Is the power rate in secondary circuit closer to EIC power readings or to ICMS detectors? 	Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	<p>In-core power density field management.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tell about the stationary and non-stationary reactor xenon poisoning, explain the phenomenon of fluctuations in the spatial distribution of the neutron field in the reactor core. 2. Explain the mechanism of excitation of axial and radial xenon oscillations of the neutron field distribution in the core. 3. Explain the changes in the nature of xenon oscillations during the transition from the beginning to the end of the fuel campaign. 4. Explain the physical and design specific features of the first fuel load and steady-state fuel load of VVER-1000 reactor. 5. Explain the difference in the nature of xenon oscillations for different designs of VVER-1000 reactor core. 6. Explain the behavior of radial xenon power oscillations. 7. Explain the impact of the NPF power capacity on the nature of xenon oscillation (oscillation excitation - 70% and 95%, the subsequent transition - 95% to 70%). 8. Explain the principles of the regulator suppressing xenon oscillation and its main parameters setting. 9. Explain the effect of regulator's efficiency settings. 10. Explain the advantages and disadvantages of automatic regulator (controller) used to suppress xenon oscillation as compared with manual control. 	Всего аудиторных часов		
		2	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
	3 Семестр
	<p>Introduction</p> <p>The goal of this classes is to make students familiar with:</p> <ul style="list-style-type: none"> - physical and design features of NPP with WWER, with physical phenomena typical for this reactor type, and with technical solutions for providing reliable control and protection for this reactor type; - the basic algorithms and equipment of WWER CPS, key regulators involved in the operation of the CPS, with their characteristics and the behavior of NPP properties in transient states for various breaches of normal operation.
	<p>Dynamic properties of a reactor as a monitored object</p> <p>The main goal of this assignment is to learn about dynamic properties of the reactor and studying the basic parameters influencing power changing and reactivity of the reactor. The assignment is about studying basic dynamic properties of the core, which influence the reactor behavior during fast transient processes (from a second to ten minutes). Among the goals of this work is studying of properties of the core during reactor ramping via delayed and prompt neutrons (neutron and thermal power of the reactor, reactor period, fuel temperature) depending on specifics of fuel input and campaign moment. During studying of the reactor ramping via delayed neutrons from the core critical state on MML, various object dynamic calculation schemes are explored as well as how accurate the simulation must be. Studying of dependency of stated effects on specifics of fuel input and campaign moments and conditions of manifestation of these effects is done during this assignment.</p>
	<p>Determining of reactivity coefficients responsible for feedbacks between thermal-hydraulic and neutron-physical phenomena in the core</p> <p>The main goal of this lab assignment is learning about the technology used for estimating thermal and density reactivity coefficients, accepted in practice of estimation justifications of project solutions for the core design, and the WWER reactor operation estimation support. Among the goals of this assignment are also studying the dependency of abovementioned reactivity coefficients on the configuration of fuel assemblies (with fuel of different enrichment) for launching loads and the distribution of energy fields in the core; learning about the method of ensuring the right sign of abovementioned coefficients in the launching loads in any core state from cold to hot. It's necessary to determine the main factors defining the reactivity coefficient value among the plethora of parameters influencing the thermal coefficient value.</p>
	<p>Neutron-physical properties of controls.</p> <p>The goal of this assignment is to study the neutron-physical properties of various groups of control rods and all groups on control rods: integral and differential effectivity during their</p>

	<p>submerging into the core and extracting from the core. Studying the peculiarities of effectivity changing of groups of control rods and NPP with WWER reactor emergency protection. Studying the effectivity of control rods depending on their placement in the core, NPP power, fuel load type and the moment of work in time. Analyzing the divergence between estimations of the effectivity of groups of control rods and the real effectivity.</p>
	<p>Reactor control and protection system. PP system. Lesson goals of the lab assignment The lesson goals of this assignment include: Studying of the purpose and specifics of preventive protection (PP) work and studying the technological reasons for PP activation, caused by breaches of normal operation, which happen in practice during NPP with WWER operation, rather than emergency situations from the emergency modes list, most of which never happened on NPP with WWER. Studying the influence of algorithm of PRCE (power readings correction equipment) included in NFCE on NPP basic parameters behavior after PP activation for one reason or another. Gaining knowledge and basic skills for ensuring the requirements for not exceeding the limiting values of local power by core volume after the completion of transitory process, caused by PP system actions, and NPP parameters stabilization are met. Studying of the role of PRCE included in NFCE as it relates to the work of PP and actions necessary after the completion of PP system action to ensure that the limits of local power in the core are not exceeded.</p>
	<p>Space instability of neutron fields and managing algorithms Lesson goals of the lab assignment The main objectives of the assignment are:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Learn about an automatic regulator to suppress xenon fluctuations, how it works and what are its basic settings. Thesuppressionofxenonfluctuationsusinganautomaticregulator. ● Gain experience of manual control over the xenon transitional processes in the reactor WWER-1000. <p>This lab assignment consists of the following tasks:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Suppression of xenon fluctuations by an automatic regulator for the following states of the reactor and fuel loads: <ul style="list-style-type: none"> ● EOC, stationary load, the reactor power is 95% of the nominal value. ● EOC, launching load, the reactor power is 70% of the nominal value. 2. Manual suppression of xenon fluctuations of power for the following states of the reactor and fuel loads: <ul style="list-style-type: none"> ● EOC, stationary load, the reactor power is 95% of the nominal value. ● EOC, launching load, the reactor power is 70% of the nominal value.
	<p>Algorithms for suppression of xenon fluctuations of local</p>

	<p>power in the core</p> <p>Lesson goals of the lab assignment</p> <p>The main objectives of the assignment are:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Learn about an automatic regulator to suppress xenon fluctuations, how it works and what are its basic settings. <p>The suppression of xenon fluctuations using an automatic regulator.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Gain experience of manual control over the xenon transitional processes in the reactor WWER-1000. <p>This lab assignment consists of the following tasks:</p> <p>1. Suppression of xenon fluctuations by an automatic regulator for the following states of the reactor and fuel loads:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● EOC, stationary load, the reactor power is 95% of the nominal value. ● EOC, launching load, the reactor power is 70% of the nominal value. <p>2. Manual suppression of xenon fluctuations of power for the following states of the reactor and fuel loads:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● EOC, stationary load, the reactor power is 95% of the nominal value. ● EOC, launching load, the reactor power is 70% of the nominal value.
--	---

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- lectures;
- laboratory works.

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-1.4	З-ПК-1.4	Э, КИ-8
	У-ПК-1.4	Э, КИ-8
	В-ПК-1.4	Э, КИ-8
ПК-1.5	З-ПК-1.5	Э, КИ-8
	У-ПК-1.5	Э, КИ-8
	В-ПК-1.5	Э, КИ-8
ПК-1.6	З-ПК-1.6	Э
	У-ПК-1.6	Э
	В-ПК-1.6	Э
ПК-1.7	З-ПК-1.7	Э, КИ-8
	У-ПК-1.7	Э, КИ-8
	В-ПК-1.7	Э, КИ-8
ПК-10	З-ПК-10	Э, КИ-16

	У-ПК-10	Э, КИ-16
	В-ПК-10	Э, КИ-16
ПК-11	З-ПК-11	Э
	У-ПК-11	Э
	В-ПК-11	Э
ПК-6	З-ПК-6	Э
	У-ПК-6	Э
	В-ПК-6	Э
ПК-8	З-ПК-8	Э, КИ-16
	У-ПК-8	Э, КИ-16
	В-ПК-8	Э, 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-ех 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 твердо 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, недостаточно правильные формулировки, 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 N91 Nuclear Power and Energy Security : , Dordrecht: Springer Netherlands,, 2010
2. ЭИ В92 Безопасность и задачи инженерной поддержки эксплуатации ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
3. 621.039 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. 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

.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

.

Автор(ы):

Зимин Вячеслав Геннадьевич, к.ф.-м.н.