

**Автономная некоммерческая организация
дополнительного профессионального образования
«Техническая академия Росатома»
(АНО ДПО «Техническая академия Росатома»)**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор-директор филиала

Т.Н. Таиров



ПРОГРАММА

повышения квалификации

**Нейтронно-физические измерения при эксплуатации
реакторной установки**

Автономная некоммерческая организация
дополнительного профессионального образования

«Техническая академия Росатома»
(АНО ДПО «Техническая академия Росатома»)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор-директор филиала

Т.Н. Таиров

25.12.2019
дата

УЧЕБНЫЙ ПЛАН

Нейтронно-физические измерения при эксплуатации реакторной установки

Цель обучения

Развитие компетенций, совершенствование профессионального уровня подготовки специалистов, участвующих в эксплуатации ядерных реакторов, организации и проведении мероприятий по перезарядке активной зоны, вводу реактора в эксплуатацию и проведению нейтронно-физических измерений

Продолжительность
обучения по про-
грамме

40 час

Режим

очного обучения 8 час/день

Форма обучения

очная

№ раздела	Наименование раздела	Количество часов обучения ¹				Виды и форма контроля	
		всего	очно		заочно		
			Л	ПЗ	СДО		СР
1.	Основы физики ядерных реакторов	6	6			входной контроль (тест)	
2.	Состояние системы и факторы, влияющие на нейтронный баланс	8	8			текущий (опрос)	
3.	Изменение изотопного состава активной зоны в процессе кампании	4	4			текущий (опрос)	
4.	Управление ЯР	4	2	2		текущий (опрос)	
5.	Физический пуск ядерного реактора. Организация нейтронно-физических измерений	12	8	4		текущий (опрос)	
6.	Документальное обеспечение физического и энергетического пуска ЯР	2		2			

¹ Л – лекции, ПЗ – практические занятия, СР – самостоятельная работа по изучению предоставленного материала, СДО – обучение в системе дистанционного обучения.

№ раздела	Наименование раздела	Количество часов обучения ¹					Виды и форма кон- троля
		всего	очно		заочно		
			Л	ПЗ	СДО	СР	
7.	Обеспечение ядерной безопасно- сти в процессе пуска ЯР	2	2				текущий (опрос)
		2					итоговая аттестация (зачет)
	Итого	40	30	8	0	0	

Планируемые результаты обучения

по программе:

Нейтронно-физические измерения при эксплуатации реакторной установки

Номер раздела учебного плана программы	Профессиональные компетенции, на которые направлено обучение			Код и наименование ОТФ/ТФ ² (в соответствии с ПС)
	Наименование компетенции	Умения	Знания	
1-3	Способность применять знание физики ядерных реакторов в практической деятельности		Общие сведения по ядерной физике. Ядерные силы. Энергия атомного ядра. Радиоактивность. Виды радиоактивных превращений. Закон радиоактивного распада. Ядерные реакции. Нейтронные эффективные сечения. Реакция деления. Коэффициент размножения. Принципиальное устройство ядерных реакторов	
4-6	Способность к организации и проведению нейтронно-физических измерений в период физического пуска и эксплуатации реактора	Применять методы управления реакторной установкой, проведения нейтронно-физических измерений для определения физических характеристик и оценки состояния активной зоны ядерного реактора	Физический пуск ядерного реактора. Виды пусков ЯР. Нейтронно-физические измерения активных зон. Методы определения НФХ ЯР. Метод построения кривой обратной скорости счета. Метод установившегося периода (разгона мощности). Метод компенсации. Метод скачка плотности нейтронов (скачка мощности ЯР). Метод «стреляющего» источника	
7	Способность обеспечивать ядерную безопасность и соблюдение норм: владение навыками		Нормативное регулирование ядерной безопасности на международном и национальном уровне. Трактовка	

² Графа заполняется при наличии утвержденного ПС.

Номер раздела учебного плана программы	Профессиональные компетенции, на которые направлено обучение			Код и наименование ОТФ/ТФ ² (в соответствии с ПС)
	Наименование компетенции	Умения	Знания	
	обеспечения технологической дисциплины и культуры безопасности при ведении потенциально ядерно-опасных работ		основных понятий ядерной безопасности. Основные нормативные документы в области использования атомной энергии в части обеспечения ядерной безопасности	

При разработке программы учитывался профессиональный стандарт:

№ ПС	Наименование ПС	Дата введения в действие ПС

УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Нейтронно-физические измерения при эксплуатации реакторной установки

№ раз-дела, темы	Наименование разделов, тем	Количество часов обучения ³					Виды и форма контроля
		всего	очно		заочно		
			Л	ПЗ	СДО	СР	
1	Основы физики ядерных реакторов	6	6				
1.1	Общие сведения по ядерной физике	2	2				входной контроль (тест)
1.2	Ядерные превращения	2	2				
1.3	Принципиальное устройство ядерного реактора	2	2				
2	Состояние системы и факторы, влияющие на нейтронный баланс	8	8				
2.1	Состояние системы и нейтронный баланс	2	2				
2.2	Основы теории замедления и диффузии нейтронов	2	2				
2.3	Теория критического реактора	2	2				текущий (опрос)
2.4	Кинетика ядерного реактора	2	2				
3	Изменение изотопного состава активной зоны в процессе кампании	4	4				текущий (опрос)
3.1	Изменение изотопного состава активной зоны в процессе кампании	2	2				
3.2	Отравление и шлакование ЯР	2	2				
4	Управление ЯР	4	2	2			
4.1	Методы управления реактивностью ЯР	2	1	1			текущий (опрос)
4.2	Компенсация реактивности с помощью медленно выгорающих поглотителей	2	1	1			
5	Физический пуск ядерного реактора. Организация нейтронно-физических измерений	12	8	4			
5.1	Физический пуск ядерного реактора	2	2				
5.2	Методы определения нейтронно-физических характеристик ЯР	6	4	2			
5.3	Организация НФИ	4	2	2			текущий (опрос)
6	Документальное обеспечение физического и энергетического пуска ЯР	2		2			
7	Обеспечение ядерной безопасности в процессе пуска ЯР	2	2				текущий (опрос)

³ Л – лекции, ПЗ – практические занятия, СР – самостоятельная работа по изучению предоставленного материала, СДО – обучение в системе дистанционного обучения.

№ раз- дела, темы	Наименование разделов, тем	Количество часов обучения ³				Виды и форма контроля	
		всег о	очно		заочно		
			Л	ПЗ	СДО		СР
		2					итоговая аттестация (зачет)
	Итого	40	30	8	0	0	

УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

Нейтронно-физические измерения при эксплуатации реакторной установки

1 Общая характеристика программы

При разработке настоящей программы были учтены законодательные и нормативные правовые требования, содержащиеся в документах, которые приведены в разделе 5 настоящей учебной программы.

1.1 Требования к слушателям программы

К обучению по программе допускаются руководители и специалисты организаций, имеющие высшее образование (физика) и занимающихся вопросами обеспечения ядерной безопасности, участвующие в процессе управления ядерными реакторами, имеющие образование не ниже высшего.

1.2 Характеристика программы в системе ПТЗиН Госкорпорации «Росатом»

В системе производственно-технических знаний и навыков работников Госкорпорации «Росатом», программа:

направлена на развитие ПТЗиН	3.7.2.1. Ядерные энергетические установки, реакторы различного назначения
по параметру «Вес», имеет значение	ВЫСОКИЙ

1.3 Характеристика программы в системе обучения Госкорпорации «Росатом»

Значение приоритета обучения	ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ
Сертификат, подтверждающий определенный уровень развития ПТЗиН и/или квалификации	
Нормативные ссылки (для «обязательного» обучения)	

2 Содержание программы

№ раздела, темы	Наименование раздела, темы	Краткое содержание
1	Основы физики ядерных реакторов	
1.1	Общие сведения по ядерной физике	Л: Введение. Общие сведения по ядерной физике. Ядерные силы. Энергия атомного ядра. ПЗ: Входной контроль.
1.2	Ядерные превращения	Радиоактивность. Виды радиоактивных превращений. Закон радиоактивного распада. Ядерные реакции. Нейтронные эффективные сечения. Реакция деления. Коэффициент размножения
1.3	Принципиальное устройство ядерного реактора	Классификация и принципиальное устройство ядерных реакторов. Классификация ЯР. Принципиальное устройство ЯР
2	Состояние системы и факторы, влияющие на нейтронный баланс	

№ раздела, темы	Наименование раздела, темы	Краткое содержание
2.1	Состояние системы и нейтронный баланс	Нейтронные эффективные сечения. Реакция деления. Коэффициент размножения. Замедление нейтронов. Основное уравнение баланса нейтронов
2.2	Основы теории замедления и диффузии нейтронов	Механизм рассеяния. Характеристики замедляющих свойств веществ. Транспортная длина свободного пробега нейтрона
2.3	Теория критического реактора	Диффузия нейтронов. Общее понятие о диффузии. Параметры нейтронного поля. Плотность нейтронов. Утечка нейтронов из единичного объема. Длина диффузии. Возраст нейтронов
2.4	Кинетика ядерного реактора	Основы теории критического реактора. Кинетика ЯР
3	Изменение изотопного состава активной зоны в процессе кампании	
3.1	Изменение изотопного состава активной зоны в процессе кампании	Изменение изотопного состава активной зоны в процессе кампании. Общая характеристика процессов изменения изотопного состава. Выгорание ядерного топлива. Кинетика выгорания топлива. Воспроизводство ядерного топлива. Физические основы процесса воспроизводства. Коэффициент воспроизводства
3.2	Отравление и шлакование ЯР	Шлакование ядерного топлива. Общее понятие о шлаковании. Кинетика шлакования. Группы шлаков
4	Управление ЯР	
4.1	Методы управления реактивностью ЯР	Методы управления ЯР. Основные понятия и определения. Возможные способы управления ЯР. Характеристики поглощающих материалов. Определение фактической мощности реактора, юстировка ионизационных камер. Теория управляющих стержней. Эффективность центрального и эксцентрично расположенного стержня. Интерференция стержней. Зависимость эффективности стержня от глубины его погружения
4.2	Компенсация реактивности с помощью медленно выгорающих поглотителей	Компенсация реактивности с помощью медленно выгорающих поглотителей (МВП). Физические основы применения МВП. Неблокированные и блокированные МВП. Влияние МВП на характеристики а.з.
5	Физический пуск ядерного реактора. Организация нейтронно-физических измерений	
5.1	Физический пуск ядерного реактора	Физический пуск ядерного реактора. Виды пусков ЯР. Физический пуск на критическом стенде завода-изготовителя ТВС. Нейтронно-физические измерения активных зон
5.2	Методы определения нейтронно-физических характеристик ЯР	Методы определения НФХ ЯР. Метод построения кривой обратной скорости счета. Метод установившегося периода (разгона мощности). Метод компенсации. Метод скачка плотности нейтронов (скачка мощности ЯР). Метод «стреляющего» источника

№ раздела, темы	Наименование раздела, темы	Краткое содержание
5.3	Организация НФИ	Организация НФИ. Методики определения дифференциальной эффективности КР, интегральной эффективности АР, физического веса АЗ и ТЭР
6	Документальное обеспечение физического и энергетического пуска ЯР	Л: Перечень документов, проекты документов по результатам физического и энергетического пуска, необходимые для ввода ИР в действие. Порядок их оформления. Программно-методическая, организационно-распорядительная документация ПЗ: Порядок оформления программно-методической, организационно-распорядительной документации
7	Обеспечение ядерной безопасности в процессе пуска ЯР	Основные требования безопасности при обращении с ядерными материалами. Перечень потенциально ядерно опасных работ. Обеспечение безопасности при выполнении потенциально ядерно-опасных работ

3 Контроль качества освоения программы

Метод контроля	Оценочные материалы
Письменный зачет (тестирование)	Бланк теста

Система оценки достижения планируемых результатов:

Показатель (объект оценивания)	Критерии достижения показателя	Значение показателя
Правильный ответ	Количество правильных ответов	Менее 75 % правильных ответов «не зачет» Более 75% правильных ответов «зачет»

Для входного контроля применяется тестирование в виде письменного ответа на выдаваемый слушателям бланк с вопросами и вариантами ответов на них. По результатам входного тестирования преподаватель может принять решение о перераспределении времени между изучаемыми темами в зависимости от уровня исходной подготовленности слушателей.

В качестве текущего контроля применяется устный опрос по разделу/теме в соответствии с целями обучения.

Итоговая аттестация проводится в виде письменного зачета по результатам тестирования. Успешным считается результат, при котором слушатель дал правильные ответы на 75% предложенных ему вопросов.

4 Условия реализации программы

Обучение в очной форме предусматривает проведение лекционных и практических занятий.

Лекционные и практические занятия проводятся в учебных помещениях, с возможным использованием следующих технических средств обучения:

- оргтехника и персональные компьютеры;
- мультимедийные проекторы;
- интерактивные доски, флипчарты, настенные экраны и магнито-маркерные доски.

5 Законодательные и нормативные правовые акты

1. Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций. НП-082-07.
2. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. НП-001-15.
3. Общие положения обеспечения безопасности исследовательских ядерных установок. НП-033-11.
4. Правила ядерной безопасности исследовательских реакторов. НП-009-17.
5. Правила безопасности при хранении и транспортировании ядерного топлива на объектах использования атомной энергии. НП-061-05.
6. Правила обеспечения безопасности при выводе из эксплуатации исследовательских ядерных установок. НП-028-16.
7. Требования к содержанию отчета по обоснованию безопасности исследовательских ядерных установок. НП-049-17.
8. Положение о порядке расследования и учета нарушений в работе исследовательских ядерных установок. НП-027-10.
9. Требования к содержанию плана мероприятий по защите персонала в случае аварии на исследовательских ядерных установках. НП-075-06.
10. Отраслевые правила проектирования и эксплуатации систем аварийной сигнализации о возникновении самоподдерживающейся цепной реакции и организации мероприятий по ограничению ее последствий. ПБЯ-06-10-99.
11. Содержание годового отчета эксплуатирующей организации по оценке состояния ядерной и радиационной безопасности исследовательских ядерных установок. РБ-025-15.
12. Анализ результатов контроля и оценка состояния ядерной и радиационной безопасности исследовательских ядерных установок. РБ-037-06.
13. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. ГОСТ Р ИСО 9000-2015.
14. Системы менеджмента качества. Требования. ГОСТ Р ИСО 9001-2015.
15. Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности. ГОСТ Р ИСО 9004-2015.
16. Системы качества. Модель обеспечения качества при проектировании, разработке, производстве, монтаже и обслуживании. ГОСТ Р ИСО 9001-96.
17. Руководящие указания по разработке руководств по качеству. ИСО 10013-95.
18. Конвенция о ядерной безопасности. – Вена: МАГАТЭ, 1994.

6 Список использованной литературы

1. Лейкин И. Ю., Чевгуз Л. Ф. Теория ядерных реакторов на тепловых нейтронах. – СПб: ВМИИ, 2006.
2. Винокуров В. А., Лебедев В. А., Петровский В. И., Рубанов С. М. Перезарядка корабельных ЯР. – СПб: ВМИИ, 2005.

Перечень литературы, рекомендуемый обучаемым для самостоятельного изучения

3. Лебедев В.А. Основы теории ядерных реакторов. – СПб, ВВМИУ, 1998.
4. Винокуров В. А. Практическая физика ЯР. – СПб, ВМИИ, 2004.