

<b>Назва дисципліни</b>		Радіаційний контроль та моніторинг на АЕС			
<b>Рівень вищої освіти</b>		третій (освітньо-науковий) рівень			
<b>Назва спеціальності</b>		Атомна енергетика			
<b>Назва спеціалізації</b>		-			
<b>Форма навчання</b>		Денна, заочна			
<b>Кафедра, що забезпечує</b>		Атомні електростанції			
курс	1	семестр	2	<b>Викладач</b>	Барбашев С.В..
<b>А</b>	<b>Мета і задачі дисципліни</b>				
	<p><b>Мета дисципліни:</b>забезпечення методологією проведення радіаційного контролю та моніторингу на АЕС та в навколишньому середовищі задля забезпечення радіаційної безпеки людини і навколишнього середовища.</p> <p><b>Задачі дисципліни:</b>набуття знань в частині:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- радіаційно-технологічного контролю ЯЕУ;</li> <li>- радіаційно-дозиметричного контролю;</li> <li>- контролю радіаційної обстановки;</li> <li>- контролю забруднення радіонуклідами об'єктів навколишнього середовища;</li> <li>- радіаційного моніторингу територій розташування АЕС.</li> </ul>				
<b>В</b>	<b>Тематика дисципліни</b>				
	<p><b>Тема 1.</b>Основні напрямки радіаційного контролю.</p> <p><b>Тема 2.</b>Радіоактивні забруднення технологічних середовищ АЕС і об'єктів навколишнього середовища.</p> <p><b>Тема 3.</b> Радіаційно-технологічний контроль.</p> <p><b>Тема 4.</b>Радіометричні методи контролю забруднень радіонуклідами технологічних середовищ АЕС і об'єктів навколишнього середовища.</p> <p><b>Тема 5.</b> Гамма-спектрометричні методи контролю.</p> <p><b>Тема 6.</b> Альфа- і бета-спектрометрія.</p> <p><b>Тема 7.</b> Контроль радіаційної обстановки на АЕС та в санітарно-захисній зоні і зоні спостереження.</p> <p><b>Тема 8.</b>Дозиметричний контроль.</p> <p><b>Тема 9.</b>Системи радіаційного контролю.</p> <p><b>Тема 10.</b>Види моніторингу та шляхи його реалізації. Система методів спостереження і наземного забезпечення.</p> <p><b>Тема 11.</b> Методи моніторингу.</p> <p><b>Тема 12.</b> Екологічне моделювання, прогнозування, зворотні зв'язки і управління.</p>				
<b>С</b>	<b>Стиль та методика навчання</b>				
<b>Організаційно-методичні</b>	Лекційні та лабораторні роботи, самостійна робота				

<b>форми вивчення</b>	
<b>Форми контролю</b>	Модульні контрольні роботи, індивідуальні завдання (есе, реферат та презентація), курсовий проект
<b>D</b>	<b>Компетентності</b>
	<p>ЗК2. Знання іноземної мови, достатньої для обговорення наукових результатів.</p> <p>ЗК4. Здатність працювати в міждисциплінарній команді.</p> <p>ЗК7. Дослідницькі навички і уміння.</p> <p>ЗК8. Здатність породжувати нові ідеї (креативність).</p> <p>ЗК12. Планування та управління проектами. Організовувати власну діяльність, вибирати типові методи і способи виконання професійних завдань, оцінювати їх виконання і якість.</p> <p>СК1. Практичне використання законів, правових актів та нормативно-технічної документації з ядерної енергетики.</p> <p>СК4. Компетентності щодо спеціальних розділів на вибір аспіранта за майбутнім науковим напрямком та освоєнням міждисциплінарних підходів.</p> <p>СК5. Уміння математичного моделювання фізичних процесів в ядерних реакторах, теплообмінному обладнанні та системах ядерних енергетичних установок</p> <p>СК6. Уміння розробляти та модернізувати засоби та системи контролю технологічних параметрів та радіаційного контролю, проводити та аналізувати результати поточного контролю на АЕС та навколишнього середовища.</p>
<b>E</b>	<b>Основні результати навчання</b>

**Ключові результати навчання:**

РН1. Вміти розробляти та презентувати обґрунтований план досліджень у відповідності до наукового напрямку.

РН2. Володіти іноземною мовою, включаючи спеціальну термінологію, для проведення літературного пошуку. Вміти представляти та обговорювати наукові результати іноземною та українською мовами.

РН4. Вміти визначати, аналізувати та поєднувати інформацію з різних джерел, виявити аналітико-синтетичний зміст та підготувати нову форму вторинної інформації.

РН5. Знати основні концепції та розуміти теоретичні та практичні проблеми в сучасному науковому напрямку досліджень.

РН6. Вміти працювати з фахівцями з різних галузей в рамках наукових проектів. Знати про стимули та бар'єри в ефективній командній роботі.

РН8. Мати професійну етичну поведінку при виконанні професійних досліджень.

РН10. Визначати самостійно завдання професійного та особистісного розвитку, займатися самоосвітою, усвідомлено планувати і здійснювати підвищення рівня кваліфікації.

РН11. Вміти вести спеціалізовані наукові семінари, організовувати та проводити навчальні заняття. Володіти способами організації навчально-пізнавальної та практичної діяльності.

РН13. Володіти загальнонауковими філософськими знаннями, необхідними для формулювання наукового світогляду, професійної етики, та культурного кругозору.

РН14. Розуміти теоретичні та практичні проблеми, історію розвитку та сучасний стан наукових знань.

РН18. Володіти засобами аналізу методів та обладнання

РН19. Мати базові знання за спеціальними розділами на вибір аспіранта за відповідним науковим напрямком та володіти міждисциплінарними підходами

Р22. Вміти планувати та проводити дозиметричні, радіометричні та спектрометричні вимірювання та розрахунки доз опромінення різних об'єктів.

## **Розширений план лекцій**

### **з дисципліни «РАДІАЦІЙНИЙ КОНТРОЛЬ ТА МОНІТОРИНГ НА АЕС»**

**Лекційних годин – 30**

**Викладач – Барбашев С.В.**

#### **Тема 1. Радіаційний контроль.**

##### **Лекція 1. Основні напрямки радіаційного контролю.**

Цілі і завдання курсу. Основні об'єкти радіаційно-технологічного та дозиметричного контролю. Параметри, які контролюються. Критерії радіаційної безпеки експлуатації АЕС. Організація служб і лабораторій радіаційного контролю.

Види радіаційного контролю: радіаційно-дозиметричний контроль, радіаційний контроль навколишнього середовища, радіаційний контроль за нерозповсюдженням радіоактивних забруднень, радіаційно-технологічний контроль, аварійний радіаційний контроль. Об'єкти контролю, оптимізація обсягу радіаційного контролю на АЕС і у навколишньому середовищі. Радіонукліди як ідентифікатори технологічних процесів і обладнання: герметичності оболонок твелів, енерговиділення, швидкості теплоносія в ПВК, корозії технологічного обладнання, цілісності обладнання й захисної оболонки, водно-хімічного режиму.

2 години

##### **Лекція 2. Радіоактивні забруднення технологічних середовищ АЕС і об'єктів навколишнього середовища.**

Власна активність теплоносія. Активація домішок. Склад забруднень і ядерно-фізичні характеристики радіонуклідів - продуктів активації теплоносія і його домішок. Модель накопичення активності і перенесення радіонуклідів в технологічних середовищах. Допустимий рівень забруднень.

Радіоактивні продукти корозії. Ядерно-фізичні дані радіонуклідів. Модель утворення і міграції продуктів корозії в технологічних середовищах АЕС. Накопичення активності на поверхні обладнання і комунікацій. Радіаційний контроль забруднення радіоактивними продуктами корозії. Склад і допустимий рівень забруднень технологічних середовищ АЕС.

Радіаційний контроль водно-хімічного режиму при роботі АЕС. Очищення скидів. Склад забруднень в СРВ, ДЖН і КЖН в аерозольних викидах АЕС.

Продукти поділу в технологічних контурах АЕС. Моделі виходу продуктів поділу з палива. Ступінь негерметичності оболонок твелів. Моделі перенесення продуктів поділу в технологічних середовищах АЕС. Вплив величини дефекту оболонок твелів на склад радіонуклідів у першому контурі. Допустимий рівень забруднень продуктами поділу. Особливості накопичення і поширення радіонуклідів - продуктів поділу для АЕС з різними типами реакторів.

2 години.

### **Лекція 3. Радіаційно-технологічний контроль.**

Регламент і обсяг контролю. Реперні радіонукліди в технологічному контролі. Інтегральна оцінка стану активної зони реактора за кількістю негерметичних твелів і ступеня їх негерметичність. Системи КМО на АЕС з ВВЕР. Поканалний контроль герметичності оболонок твелів на ВВЕР. Позаштатні методи контролю герметичності твелів і пошуку негерметичних ТВЗ.

2 години.

### **Лекція 4. Радіометричні методи контролю забруднень радіонуклідами технологічних середовищ АЕС і об'єктів навколишнього середовища.**

Апаратура для радіометричних вимірювань. Детектори. Калібрування апаратури. Зразкові радіометричні джерела. Підготовка проб для радіометричних вимірювань. Обсяг радіометричного контролю технологічних середовищ АЕС і об'єктів навколишнього середовища. Визначення питомої активності радіонуклідів за даними радіометричних вимірювань.

2 години.

### **Лекція 5-6. Гамма-спектрометричні методи контролю.**

Сцинтиляційна і напівпровідникова гамма-спектрометрії. Детектори. Пристрій і технічні характеристики. Гамма-спектрометричні комплекси. Відгук детектора, форма лінії. Шуми і флуктуації сигналів детектора. Властивості і формальні ознаки спектрального розподілу. Апаратурні спектри. Характеристики фотопіка. Синглети і мультиплети. Енергетичне градування. Калібрування детекторів. Повна ефективність реєстрації та фотоефективність. Методи визначення ефективності реєстрації. Концепція ефективного центру. Визначення "мертвого" часу. Статистичні методи знаходження піків. Диференціальні і кореляційні методи пошуку піків. Аналіз мультиплетів. Розрахунок площі піку. Ідентифікація радіонуклідів в пробах по фотопікам в апаратурному спектрі. Визначення активності

радіонуклідів в пробах за даними спектрометричних вимірювань. Визначення питомої активності радіонуклідів в технологічних середовищах АЕС і об'єктах навколишнього середовища з урахуванням розпаду. Автоматизовані спектрометричні комплекси. Програми автоматизованої калібрування детекторів і спектрометричного контролю технологічних середовищ АЕС і об'єктів навколишнього середовища. Обсяг спектрометричного контролю на АЕС і в об'єктах навколишнього середовища.

4 години.

#### **Лекція 7. Альфа- і бета-спектрометрія.**

Спектрометричні комплекси. Апаратурні спектри. Математична модель вимірювань. Методи обробки апаратурних спектрів. Калібрування детекторів. Методи розрахунку концентрації радіонуклідів в середовищах, які контролюються, за даними спектрометричних вимірювань.

2 години.

#### **Лекція 8. Контроль радіаційної обстановки на АЕС та в санітарно-захисній зоні і зоні спостереження.**

Радіаційна обстановка на АЕС при роботі на потужності. Радіаційна обстановка в обслуговуваних і необслуговуваних приміщеннях. Радіаційна обстановка при проведенні ППР і КПР. Ізодозні лінії. Контроль радіаційної обстановки при роботі на потужності, ППР, КПР, зняття з експлуатації. Контроль-радіаційної обстановки при дезактивації. Радіаційне обстеження при знятті АЕС з експлуатації.

Контроль аерозолів і ІРГ. Контроль випадінь. Контроль забруднень ґрунту, водойм, продуктів харчування. Контроль за нерозповсюдженням радіонуклідів зі сховищ радіоактивних відходів. Служби контролю радіоактивного забруднення зовнішнього середовища. Принципи організації радіаційного контролю зовнішнього середовища. Пости контролю. Обґрунтування вибору місць розташування постів радіаційного контролю.

2 години.

#### **Лекція 9. Дозиметричний контроль.**

Методичне забезпечення контролю професійного опромінення. Концепція індивідуальної дози. Методичне забезпечення моніторингу професійного опромінення. Забезпечення достовірності результатів. Оптимізація індивідуального дозиметричного контролю. Уніфікація вимог до приладового та методичного забезпечення дозиметричного контролю.

2 години.

#### **Лекція 10-11. Системи радіаційного контролю.**

Структура і склад систем радіаційного контролю. Обсяг радіаційного контролю. Параметри, які контролюються. Діапазони контрольованих параметрів в штатному і аварійному режимах. Структурні схеми систем контролю радіаційної безпеки. Інформаційно-вимірювальні системи радіаційного контролю. Блоки детектування. Пристрій і основні параметри. Фізичні принципи та структурні схеми пристроїв. Блоки вимірювання потужності дози, щільності потоку частинок, щільності потоку нейтронів, концентрації аерозолів. Канали передачі даних в АКРБ. Сигналізатори. Багаторівневий принцип зберігання та подання інформації. Детектори блоків детектування. Автоматизований контроль забруднень технологічних середовищ: теплоносія, газів, аерозолів. Контроль скидів і викидів. Попереджувальні та аварійні сигнали. Передача і реєстрація інформації про радіаційну обстановку. Станції збору та обробки даних. Системи АСКРО. Організація контролю. Передача інформації. Система первинної обробки даних в штатному режимі і аварійної ситуації.

4 години

## **Тема 2. Радіаційний моніторинг.**

**Лекція 12. Види моніторингу та шляхи його реалізації. Система методів спостереження і наземного забезпечення.**

Визначення екологічного моніторингу та його завдання. Загальні уявлення про моніторинг навколишнього середовища. Наукові основи екологічного моніторингу. Види моніторингу: глобальний, регіональний, національний, локальний, медико-екологічний, біологічний, радіаційний. Моніторинг природних середовищ: повітряної, водної, ґрунтів. Фоновий моніторинг. Моніторинг забруднення і джерел забруднення.

Організація і структура моніторингу стану навколишнього середовища. Засоби реалізації моніторингу: стаціонарні станції, пересувні пости, аерокосмічні системи, автоматизовані системи. Всесвітня метеорологічна організація і міжнародний моніторинг забруднення біосфери. Національний моніторинг України. Радіаційний моніторинг на АЕС.

2 години

### **Лекція 13-14. Методи моніторингу**

Формування програм спостережень. Пріоритетні контрольовані параметри природного середовища. Фонове забруднення навколишнього середовища. Природні і техногенні рівні радіаційного фону. Методи визначення радіонуклідного складу забруднення об'єктів навколишнього

середовища. Рекомендації щодо вибору місця розміщення станцій комплексного моніторингу. Технічні вимоги до станцій комплексного моніторингу. Відбір проб природних об'єктів, попередня підготовка, консервація і зберігання. Відбір проб повітря для визначення складу атмосферних аерозолів. Відбір проб атмосферних опадів. Відбір місячних проб атмосферних випадінь. Відбір проб снігового покриву. Відбір проб поверхневих і підземних вод. Відбір проб донних відкладень. Відбір проб ґрунту. Відбір проб рослинного матеріалу. Відбір проб тканин тварин. Оцінка порівнянності результатів спостережень на мережі моніторингових станцій. Оцінка порівнянності результатів спостережень за забрудненням об'єктів природного середовища. Форми представлення даних. Банки даних. Контроль якості спостережень.

4 години

**Лекція 15. Екологічне моделювання, прогнозування, зворотні зв'язки і управління.**

Математичні моделі переносу речовини і прогнозування локальної радіоекологічної обстановки. Екологічні та харчові ланцюжки перетворень. Зворотні зв'язку і управління станом навколишнього середовища.

2 години



## ПЛАН ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

з дисципліни «РАДІАЦІЙНИЙ КОНТРОЛЬ ТА МОНИТОРИНГ НА АЕС»

лабораторні заняття, годин – 14

Викладач – Барбашев С.В.

Обсяг в годинах	Назва та стислий зміст лабораторних робіт	Мета роботи
4	<p>Практичне заняття 1. <b>Іонізаційні і сцинтиляційні дозиметри фотонного випромінювання для радіаційного контролю.</b></p> <p>1. Вивчення принципу дії, обладнання, технічних характеристик і особливостей використання іонізаційних і сцинтиляційних дозиметрів фотонного випромінювання, що застосовуються при проведенні радіаційного контролю.</p>	<p>1. Ознайомитись та навчитись роботі на приладах по визначенню дозиметричних характеристик полів фотонного випромінювання радіонуклідних джерел.</p> <p>2. Вміти оцінювати результати радіаційного контролю і невизначеності вимірювань.</p>
2	<p>Практичне заняття 2. <b>Вимірювання робочої характеристики лічильника Гейгера – Мюллера.</b></p> <p>1. Вивчення принципу дії та основних характеристик лічильників Гейгера – Мюллера .</p>	<p>Навчитися вимірювати робочу характеристику лічильника.</p>
2	<p>Практичне заняття 3. <b>Вимірювання характеристик сцинтиляційного гама-лічильника.</b></p> <p>1. Вивчення принципу дії сцинтиляційного детектора гамма-випромінювання</p>	<p>Навчитися вимірювати робочу характеристику лічильника.</p>
2	<p>Практичне заняття 4. <b>Вимірювання характеристик радіаційних полів від технологічних установок та джерел ІВ з допомогою прилада СРП-68.</b></p> <p>1. Освоєння методики вимірювання радіаційного поля від різних джерел ІВ.</p>	<p>Навчитися застосовувати прилад СРП-68 для пошуку джерел ІВ та вимірювання радіаційного поля, яке утворює це джерело у приміщенні чи навколишньому середовищі.</p>
4	<p>Практичне заняття 5. <b>Ознайомлення з переносним реєстратором гамма - спектрів ПРС-01 та дослідження його характеристик.</b></p> <p>1. Освоєння методики роботи на приладі ПРС-01.</p>	<p>Знати параметри апаратурною форми лінії.</p> <p>Навчитись оцінювати можливість спектрометра по його характеристиках.</p> <p>Здобути практичні навички користування спектрометричною апаратурою.</p>

Обсяг в годинах	Назва та стислий зміст лабораторних робіт	Мета роботи
2	<p>Лабораторна робота 6. <b>Визначення активності радіонуклідів по спектру гамма-випромінювання.</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Проведення вимірювання спектру та його обробку.</li><li>2. Визначення відносної похибки при визначенні активності.</li><li>3. Результати вимірювань і розрахунків представити в звіті у вигляді графічних залежностей і таблиць.</li></ol>	<p>Вивчити методики зняття гамма - спектра на установці ПРС-01, обробки гамма-спектрів та визначення активності радіоактивних нуклідів по спектру гамма-випромінювання.</p>

## ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

з дисципліни «РАДІАЦІЙНИЙ КОНТРОЛЬ ТА МОНІТОРИНГ НА АЕС»

Викладач –Барбашев С.В.

№	Назва тем для самостійного дослідження	Кількість годин
1	Програмне забезпечення AkWin, яке підтримує роботу ПРС-01 у режимі спектрометра.	4
2	Розрахунковий код TRACE і програмний комплекс НОСТРАДАМУС. Ці програмні засоби забезпечують оперативний аналіз і достовірне прогнозування радіаційної обстановки в ближній і дальній зонах ядерних та радіаційно-небезпечних об'єктів.	18
3	Програмний засіб ДОЗА + і швидкодіючий інженерний програмний комплекс БРИЗ, які забезпечують розрахунок активності джерела радіації і проведення експрес-оцінки дозових навантажень на населення в початковий період радіаційної аварії.	18
4	Системи АСКРО на АЕС України.	4
5	Приборне забезпечення систем РК та радіаційного моніторингу на АЕС України	4
6	Система РОДОС для екстреного реагування на ядерні та радіаційні аварії	8
7	Методичне забезпечення та НТД у галузі радіаційного контролю та моніторингу на АЕС України	2
8	Використання комп'ютерних кодів RELAP\SCDAP та MELCOR для аналізу управління аваріями реактора ВВЭР-1000	18
	Разом	76