

Лабораторна робота № 3

Тема: Прилади дозиметричного і радіометричного контролю.

Мета заняття: вивчити класифікацію приладів дозиметричного і радіометричного контролю.

Теоретичні питання

1. Які прилади відносяться до дозиметричних?
2. В чому суть іонізаційного, сцинтиляційного, калориметричного та фотографічного методу виявлення іонізуючих випромінювань?

Теоретичні відомості

Розрізняють такі основні методи виявлення іонізуючих випромінень:

- 1) іонізаційний;
- 2) сцинтиляційний;
- 3) люмінесцентні;
- 4) фотографічний;
- 5) хімічний;
- 6) калориметричний;
- 7) біологічний.

Суть іонізаційного методу полягає в тому, що під дією іонізуючих випромінювань відбувається іонізація опромінюваних об'єктів – повітря, води, твердих речовин, біологічних тканин тощо з утворенням позитивно і негативно заряджених іонів. Іони в лічильнику, що знаходиться під напругою, отримують направлений рух, утворюючи іонізаційний струм.

Вимірюючи силу струму, можна отримати уяву про кількість (дозу) випромінень, а вимірюючи імпульси струму, можна визначити інтенсивність випромінення.

Детекторами для виявлення і вимірювання іонізації зазвичай служать іонізаційні камери, пропорційні лічильники, лічильники Гейгера-Мюллера і напівпровідникові лічильники.

За принципом іонізаційного методу працюють наступні прилади дозиметричного контролю:

- ☛ дозиметри (ДК-02, ДКП-50-А, ИД-1, КИД-1-6, ДКС-0,4, ДБГ-01С, МКС У, МКС-07, ДКГ-21, МКС-05 «Тера» тощо);
- ☛ рентгенометри (ДП-5А, Б, В, ДКС-0,5, ДРГ-01-Т, Белла, Прип'ять тощо);
- ☛ радіометри («Тисс», ДП-100, КРБ-1, КРА-1, «Бета», КРК-1, УМФ-1500 тощо).

Прилади вимірювання:

Індивідуальні дозиметри ДКП-50А, що входять до комплекту ДП-22-В і ДП-24 – це кишенькові конденсаторні камери, які призначені для вимірювання індивідуальних доз фотонного випромінення в аварійних умовах в діапазоні 2-50 Р при потужності дози 0,5-200 Р/год (енергія фотонів становить 0,2-2,0 МеВ). Саморозряд дозиметра не вище 4 Р за добу. Похибка виміру 7 ± 15 %.

Індивідуальний дозиметр КІД-2 призначений для індивідуального дозиметричного контролю при роботі з рентгенівським і у-випроміненням з енергією 0,02-2,0 МеВ в діапазоні 0,005-1,0 Р. Цей діапазон вимірювань розбито на два піддіапазони: 0,005-0,05 Р при потужності експозиційної дози, яка не перевищує 6 Р за годину і 0,05-1,0 Р при потужності експозиційної дози до 120 Р за годину. Саморозряд конденсаторних камер дозиметра не перевищує 0,002 Р за добу. Похибка вимірювання в діапазоні енергій 150 кеВ – 2,0 МеВ становить 7 ± 10 %, в діапазоні енергій 10-150 кеВ – 7 ± 60 %.

В комплект даного приладу входять зарядно-вимірювальний пристрій і дозиметри. Дозиметр складається з двох іонізаційних камер, розрахованих на максимальні експозиційні дози 0,05-1 Р. Кожна камера – це електрична ємкість, утворена центральним електродом і корпусом. Зарядновимірювальний пристрій служить для зарядки конденсаторних камер та визначення дози. Живлення зарядно-вимірювального пристрою здійснюється від мережі змінного струму.

Сцинтиляційний метод оснований на реєстрації фотонів видимого світла, що виникають при збудженні атомів деяких речовин – сцинтиляторів під дією випромінення. Для виготовлення даного типу детекторів найчастіше використовуються кристали хімічно чистого NaI, активованого талієм (ТІ).

Процес виявлення іонізуючого випромінення відбувається в такій послідовності: у-квант вибиває з кристала фотон, який потрапляє на фотокатод

фотоелектричного множника (ФЕМ) і, в свою чергу, вибиває з нього фотоелектрон. Фотоелектрон потрапляє на пластину – діод ФЕМ і вибиває з неї до 10 електронів. Цей процес повторюється стільки разів, скільки пластин (діодів) має ФЕМ. Так, при шести діодах ФЕМ на виході отримують близько 1 млн. електронів. (Наприклад, ФЕМ приладу СРП-68-01 має 14 діодів).

За цим принципом працюють:

- ☛ дозиметри (ДКС-02П, К); рентгенометри (СРП-68-01, СРП-88);
- ☛ радіометри (РКБ4-1еМ, РЖС-05, РУГ-Р, РИ-БГ, РИ-АБ, РУГ-01М «Гамма»);
- ☛ гамма-спектрометри (АМ-А-02-Ф1,2,3, АИ-1024-9505, АИ-4096, СЕГ05, СЕГ-2МЛ);
- ☛ автоматичні гамма- і бета-лічильники («Гамма-12», «Бега-2» тощо).

Прилади вимірювання.

Дозиметри і гамма-випромінення ДКС-02П, ДКС-02К призначений для вимірювання потужності еквівалентної дози γ та рентгенівського випромінення. Дозиметр укомплектований детектором γ -випромінення типу «СЕЛДІ» (CsI-сцинтилятор-фотодіод). Прилад здійснює автоматичний вибір інтервалів (від 2 до 1 с.) в діапазоні вимірювання, обладнаний звуковою та вібраційною сигналізацією, яка спрацьовує при перевищенні запрограмованих порогових рівнів потужності дози. Діапазон вимірювання потужності еквівалентної дози γ -та рентгенівського випромінення становить 0,05-300,0 мкЗв/год. при основній відносній похибці $\pm 15\%$.

Енергетичний діапазон вимірювань становить 0,05-3,0 МеВ.

Максимальний час вимірювання – 2 с.

Люмінесцентний метод виявлення іонізуючого випромінення оснований на ефектах радіофотолюмінесценції і термолюмінесценції.

При радіофотолюмінесценції під дією іонізуючих випромінень в люмінофорах – фосфатних скельцях (NaI, ZnS, активованих сріблом) утворюються центри фотолюмінесценції. Під час дії на них ультрафіолетових променів виникає видима люмінесценція, інтенсивність якої спочатку пропорційна дозі 10⁻²-10¹ Гр, при дозі 3,5-10²Гр досягає максимуму і при подальшому збільшенні дози – падає. Під дією ультрафіолетових променів

центри люмінесценції руйнуються, що дає можливість проводити вимірювання дози багаторазово.

При радіотермолюмінесценції поглинута енергія випромінення перетворюється в люмінесценцію лише під дією температури, а її інтенсивність пропорційна дозі випромінення. Тому дозиметри даного типу можуть слугувати накопичувачами дози. Для запобігання втрати дози необхідно підібрати фосфатні скельця, які висвітлять її при температурі близько 400°C.

За цим принципом працюють дозиметри ДПГ-02, ДГТГ-03. ИКСА тощо.

Прилади вимірювання.

Люмінісцентні дозиметри поділяються на радіофотолюмінісцентні (РФЛ) та термолюмінісцентні (ТЛ). Принцип їх роботи такий: при поглинанні кристалами (люмінофорами) енергії іонізуючого випромінення виникають вільні електрони, котрі захоплюються центрами люмінісценції.

Цей процес називається запасанням світлосуми. Звільнення електронів з «пасток» при нагріванні або додатковому опроміненні кристалу призводить до рекомбінації вільних електронів з дірками на центрах люмінісценції.

Енергія, яка виділяється при рекомбінації, переводить центр у збуджений стан. При цьому виникає люмінесценція, котра і є мірою поглиненої енергії, тобто дозою випромінення.

Фотографічний метод оснований на вимірюванні ступеня почорніння фотоемульсії під впливом іонізуючих випромінень. Його ступінь в деякому діапазоні доз пропорційна експозиційній дозі. Опромінені плівки типу РМ-5-1. РМ-5-3 і РМ-5-4 дозволяють реєструвати у-випромінення в діапазоні експозиційних доз 0,02-2,0 Р, 0,3-12 Р, 0,01-50,0 Р відповідно.

Перевагами фотографічного методу є можливість його масового використання для індивідуального контролю, документальна реєстрація отриманої дози та стійкість дозиметрів до ударів і різких змін температури.

Недоліки даного методу – низька чутливість до малих доз, неможливість спостереження за ходом накопичення дози безпосередньо в процесі опромінення, залежність результатів вимірювань від умов проявлення плівки.

Складність використання даного методу полягає в тому, що для визначення отриманої дози необхідно мати еталон, виготовлений з такого ж матеріалу як в дозиметрі, опроміненого відомою дозою і проявленого в аналогічних умовах. Це значить, що потрібне джерело іонізуючого випромінювання, яке може створювати контрольовану дозу.

За цим принципом працюють дозиметри ИФК-2,4, ИФКУ тощо.

Прилади вимірювання.

Комплект індивідуальних фотодозиметрів ИФК-2,3 призначений для визначення величини дози рентгенівського, γ - і β -випромінювання, а також для контролю інтегральної дози опромінення тепловими і швидкими нейтронами по почорнінню рентгенівської плівки. Діапазон енергій: β -випромінювання 0,2-3,5 МеВ; рентгенівського та γ -випромінювання 0,02-3,0 МеВ. Діапазон визначення доз залежить від типу використаної рентгенівської плівки (РМ-5-1, РМ-5-3, РМ-5-4 та ін.) і може коливатись для рентгенівського і γ -випромінювання від 0,01 до 50 Р, а для β -випромінювання від 0,05 до 2,0 рад.

Похибка вимірювання сумарних доз складає 7 ± 20 %.

Для визначення оптичної щільності почорніння рентгенівських плівок використовують денситометр ДФЕ-10.

Дозиметр ИФК-2,3 має фільтри-поглиначі, що дає можливість приблизно оцінювати енергію фотонного випромінювання і розраховувати поглинуті дози у критичних органах. Корпус касети має розміри 50 x 40 x 10 мм і поділений на чотири секції. Одна секція – наскрізне вікно, у трьох інших встановлені: 1 – свинцеві фільтри (0,75 мм) з пластинкою гетінакса; 2 – алюмінієві фільтри (2 мм) з пластинкою гетінакса; 3 – гетінакс з кадмієвою фольгою (0,027 мм).

Хімічний метод оснований на тому, що під дією іонізуючих випромінень деякі речовини можуть перетворюватись на інші. Наприклад, при опроміненні хлороформу утворюється соляна кислота. Якщо взяти хлороформ, додати до нього індикатор соляної кислоти, то при наявності іонізуючих випромінень його забарвлення починає змінюватись. Тому на корпус такого дозиметра можна наклеїти візуальну шкалу зміни забарвлення в залежності від дози опромінення. Це дає нам можливість спостерігати за ходом її накопичення в процесі

опромінення. Визначення точного значення дози проводиться на приладах типу фотоелектрокалориметрів (ФЕК), відградуєваних в одиницях дози іонізуючого випромінювання, що її спричинили. Чутливість хімічних методів дозиметрії значно нижча, ніж іонізаційних, сцинтиляційних, люмінесцентних і фотографічних. Крім того, для реєстрації показників необхідні значні затрати часу.

Калориметричний метод оснований на тому, що під дією іонізуючих випромінень в опромінюваних об'єктах підвищується температура. Цей метод використовується для вимірювання надзвичайно високих потужностей дози. Без нього було б неможливо слідкувати за ситуацією, що відбувається в ядерному реакторі. Таким чином, кожний з перерахованих методів займає певне незамінне місце у виявленні іонізуючих випромінень.

Біологічний метод використовується в радіобіології для відновлення отриманої організмом величини поглиненої енергії (дози) від різних видів випромінювання. Він заснований на врахуванні біологічних ефектів, котрі виникають у опроміненому організмі, через певний час після дії іонізуючої радіації. Вихід цих ефектів прямопропорційний дозі опромінення.

Величину дози оцінюють за рівнем летальності тварин, ступенем лейкопенії через 7-9 діб після опромінення, кількістю хромосомних аберацій лімфоцитів периферичної крові за допомогою методів анафазного та метафазного аналізу і за цитогенетичними показниками репродуктивних клітин ссавців та рослин; за визначенням кількості вільних радикалів в безводних речовинах (зубна емаль, волосся) за допомогою методу ядерного магнітного резонансу і ступеню прояву деяких клінічних симптомів та біохімічних змін у крові та сечі.

Наприклад, зміни в крові (сполучні тканині) ссавців можна достовірно спостерігати після дози опромінення 50 рад і навіть 20 рад.

Практичні завдання

1. Розглянути основні методи виявлення іонізуючих випромінювань.
2. Ознайомитись із основними приладами дозиметричного та радіометричного контролю.

3. Вивчити будову та принцип роботи приладу СРП – 68-01.