

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
Факультет інженерії
Кафедра електричної інженерії**

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

**до кваліфікаційної магістерської роботи
освітнього ступеня - магістр**

галузі знань 15 - Автоматизація та приладобудування
спеціальності 152 - Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
спеціалізації – Метрологія та вимірювальна техніка

на тему:

**«Розробка методики виконання вимірювань для вимірювання дози
випромінювання»**

Виконав: здобувач вищої освіти групи МВТ-16дм

Швидь Н. О.

(прізвище, та ініціали)

_____ (підпис)

Керівник

доц. Кузьменко Н.М.

(прізвище, та ініціали)

_____ (підпис)

В.о. завідувача кафедри

доц. Жидков А.Б.

(прізвище, та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент

проф. Кириченко І.О.

(прізвище, та ініціали)

_____ (підпис)

Сєвєродонецьк – 2018 р.

Реферат

Дана кваліфікаційна робота магістра містить 53 стор., 15 дж. Таблиц, рисунков

У роботі були розкрити поняття та види випромінення. Розглянуто принципи дозиметрії та прилади, які використовуються у вимірюваннях.

Розглянуто методика виконання вимірювань іонізуючого випромінювання при проведенні радіаційного контролю транспортних засобів та вантажів та надано рекомендації з її удосконалення

ЗМІСТ

1.	Випромінення: поняття, види, методи вимірювання	7
1.1.	Види випромінювань	7
1.1.1.	Рентгенівське випромінювання	7
1.1.2.	Радіохвилі	8
1.1.3.	Ультракороткі хвилі	8
1.1.4.	Інфрачервоне випромінювання	9
1.1.5.	Видиме світло	10
1.1.6.	Ультрафіолетове випромінювання	10
1.1.7.	Гамма-випромінювання	11
1.2.	Дозиметрія як основна категорія вимірювань	12
1.2.1.	Історія розвитку дозиметрії	12
1.2.2.	Формування дози опромінення в біологічному середовищі	14
1.2.3.	Основні фізичні величини дозиметрії	16
2.	Прилади дозиметричного контролю: принципи роботи та види	22
2.1.	Принципи роботи дозиметричних приладів	22
3.	Розгляд методики виконання вимірювань іонізуючого випромінювання при проведенні радіаційного контролю транспортних засобів та вантажів	30
3.1.	Рекомендації щодо розроблення та реалізації методик виконання вимірювань.	30
3.2.	Загальні відомості	30
3.3.	Засоби вимірювальної техніки та допоміжне обладнання	32
3.4.	Вимоги безпеки	32
3.5.	Радіаційна гігієна	32
3.6.	Вимоги до кваліфікації операторів	32
3.7.	Підготовка до виконання вимірювань та виконання вимірювань	32
3.8.	Вимірювання потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення об'єкта	33
3.9.	Вимірювання поверхневої густини потоку бета-часток	34

3.10. Обробка результатів вимірювань потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення фону	35
3.11. Обробка результатів вимірювань поверхневої густини потоку бета-часток	36
3.12. Контроль похибки вимірювань	37
3.13. Оформлення результатів радіаційного обстеження	37
4. Пропозиції щодо покращення методики виконання вимірювань за умови проведення радіаційного контролю транспортних засобів і вантажів	38
ВИСНОВКИ	49
ДОДОТОК 1	51
ДОДАТОК 2	52
Список використаних джерел	53

ВСТУП

Актуальність теми.

Організація індивідуального дозиметричного контролю (ІДК) є ключовим завданням радіаційного захисту персоналу від шкідливої дії іонізуючого випромінювання, а також важливішим кількісним критерієм оцінки реально досягнутого рівня ядерної та радіаційної безпеки. Важливим напрямком діяльності уповноважений органів є забезпечення належного рівня радіаційного захисту персоналу та контроль заходів, спрямованих на зниження дозових навантажень.

За даними МОЗ, в Україні потребують індивідуального дозиметричного моніторингу близько 42000 працюючих, з них: 14636 осіб, разом із працюючими під час відрядження працівниками НАЕК “Енергоатом”, 9100 медичних працівників (радіологи та рентгенологи), а також персонал підприємств зони відчуження, в т.ч. ЧАЕС, об’єкту “Укриття”, інших промислових, освітніх та наукових установ.

Підвищення рівня радіації негативно відображається на загальному стані людини – знижується імунітет, виникають головні болі, людина почувається недобре. При невисоких дозах радіації організм може перебороти негативну дію радіації, перевищення дозвolenої норми призводить до руйнування клітин, виникнення променевої хвороби, онкологічних захворювань.

Сучасна промисловість пропонує на розгляд споживача портативні прилади — дозиметри, за допомогою яких кожна людина може самостійно визначити рівень радіації в приміщенні, в повітрі, а також в харчових продуктах, промислових товарах, будівельних матеріалах і інших предметах.

З метою проведення вимірювань з одержанням результатів вимірювань з гарантованою точністю розробляють та використовують методики виконання вимірювань. Об’єктивними причинами створення методик

виконання вимірювань (МВВ) у метрологічній діяльності стали два принципи забезпечення єдності вимірювань, а саме: результати вимірювань повинні виражатись в одиницях фізичних величин Міжнародної системи одиниць і повинна бути відома похибка вимірювань. У зв'язку з цим є актуальною розробка, атестація та застосування МВВ і впровадження їх у практику роботи метрологічних служб. МВВ об'єднують основні компоненти системи забезпечення єдності вимірювань (величини, що вимірюються, одиниці величин, методи вимірювань, метрологічні характеристики засобів вимірювання, форма та вид представлення результатів вимірювань та ін.).

Таким чином, в роботі розглянуто види пристроїв для визначення доз випромінювання та методи виконання вимірювань з їх застосуванням.

1. Випромінення: поняття, види, методи вимірювання

1.1. Види випромінювань

1.1.1. Рентгенівське випромінювання

Рентгенівське випромінювання, пулюївське випромінювання або X-промені (англ. X-ray emission, roentgen radiation, нім. Röntgenstrahlung f) — короткохвильове електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі від 10нм до 0.01нм. В електромагнітному спектрі діапазон частот рентгенівського випромінювання лежить між ультрафіолетом та гамма-променями.

Рентгенівське випромінювання виникає від різкого гальмування руху швидких електронів у речовині, при енергетичних переходах внутрішніх електронів атома. Воно використовується у науці, техніці, медицині. Рентгенівське випромінювання змінює деякі характеристики гірських порід, наприклад, підвищує їх електропровідність. Короткочасне опромінення кристалів кам'яної солі знижує їхнє внутрішнє тертя.

Назва рентгенівське випромінювання походить від прізвища німецького фізика Вільгельма Конрада Рентгена. Інша назва - пулюївське випромінювання походить від імені українського фізика Івана Пулюя.

Першовідкривачем випромінювання є Іван Пулюй. Його працями користався пізніше і Вільям Рентген, котрому було особисто Пулюєм презентовані свої праці. Рентген назвав ці промені невідомої природи X-променями. Ця назва збереглася донині в англомовній та франкомовній науковій літературі, ввійшовши в мови багатьох народів світу.

Рентгенівське випромінювання використовуються для флюорографії, рентгенівського аналізу і в кристалографії для визначення атомарної структури кристалів.

1.1.2. Радіохвилі

В експериментах Герца (1880-ті) вперше були одержані хвилі з довжиною кілька десятків сантиметрів.

В 1895-1899 О. Попов вперше використав радіохвилі для бездротового зв'язку. З розвитком радіотехніки розширявся і частотний діапазон хвиль, що можуть бути згенеровані чи сприйняті радіоапаратурою.

В природі існують і природні джерела радіохвиль у всіх частотних діапазонах. Наприклад таким джерелом може бути будь-яке нагріте тіло.

Також радіохвилі можуть генеруватися деякими природними явищами (блискавка) або космічними об'єктами (нейтронні зірки).

Використовуються радіохвилі не лише для власне радіо але й для локації, дослідження космічних об'єктів, дослідження середовища, в якому вони поширюються, і в радіометеорології.

1.1.3. Ультракороткі хвилі

Ультракороткі хвилі (УКХ) - радіохвилі, з діапазонів метрових, дециметрових, сантиметрових, міліметрових і дециміліметрових хвиль. Таким чином діапазон частот УКХ знаходиться в межах від 30 МГц (довжина хвилі 1000 см) до 3 Т гц (довжина хвилі 0,1 мм). Термін УКХ рекомендується застосовувати для випадків, коли кордони використовуваного діапазону не збігаються з межами стандартних діапазонів.

УКХ-діапазон використовується для стереофонічного радіомовлення з частотною модуляцією і телебачення, радіолокації, зв'язку з космічними об'єктами (так як вони проходять крізь іоносферу Землі), а також для аматорської радіозв'язку.

Радіохвилі УКХ-діапазону поширюються практично в межах прямої видимості, а також, не відбиваючись від іоносфери, йдуть в космічний

простір. Тобто іоносфера для радіохвиль УКХ діапазону прозора. Проте, оскільки в межах прямої видимості може бути природний супутник Землі - Місяць, то хвилі УКХ діапазону можуть відбитися від неї і повернутися на Землю, де можуть бути прийнятими на іншому кінці земної кулі.

1.1.4. Інфрачервоне випромінювання

Інфрачервоне випромінювання (від лат. *infra* — нижче) — оптичне випромінювання з довжиною хвилі більшою, ніж у видимого випромінювання, що відповідає довжині хвилі, більшій приблизно від 750нм.

Людське око не бачить інфрачервоного випромінювання, органи чуття деяких інших тварин, наприклад, змій та кажанів, сприймають інфрачервоне випромінювання, що допомагає їм добре орієнтуватися в темряві.

Інфрачервоні промені випромінюються всіма тілами, що мають температуру вищу за абсолютний нуль, максимум інтенсивності випромінювання залежить від температури. При підвищенні температури максимум зміщується в бік коротших хвиль, тобто в напрямку видимого діапазону. В зв'язку із залежністю спектру та інтенсивності інфрачервоного випромінювання від температури його часто називають тепловим випромінюванням.

Класифікація за довжиною хвилі

За довжиною хвилі інфрачервоне випромінювання підрозділяється на:

- короткі інфрачервоні хвилі — від 800 до 1400 нм;
- середні інфрачервоні хвилі — від 1400 до 3000 нм;
- довгі інфрачервоні хвилі — від 3000 до 10 000 нм.

Використання

Інфрачервоне випромінювання використовується у приладах нічного бачення й в оптоелектроніці.

1.1.5. Видиме світло

Видиме світло — область спектру електромагнітних хвиль, що безпосередньо сприймається людським оком. Характеризується довжинами хвиль від 380 (фіолетовий колір) до 750 (червоний колір) нм.

Видимий діапазон відповідає енергії фотонів від 1,7 еВ (червоне світло) до 3 еВ (фіолетове світло).

Хвилі з довжиною меншою за 380 нм називають ультрафіолетовими, більшою за 750 нм. — інфрачервоними.

Чутливість людського ока до хвиль різної частоти у видимому діапазоні різна. Вона має максимум у середині діапазону (зелений колір) і зменшується в напрямках границь. Це значить, що серед джерел світла однакової інтенсивності, зелене джерело здаватиметься яскравішим, ніж червоне, або блакитне

Перші пояснення спектру видимого випромінювання дали Ісаак Ньютон в книзі «Оптика» і Йоганн Гете у роботі «Теорія Квітів», проте ще до них Роджер Бекон спостерігав оптичний спектр в склянці з водою. Лише через чотири століття після цього Ньютон відкрив дисперсію світла в призмах.

1.1.6. Ультрафіолетове випромінювання

Ультрафіолетове випромінювання (від лат. ultra — «за межами»), скорочено УФ-випромінювання або ультрафіолет — невидиме оком людини електромагнітне випромінювання, що займає спектральну область між видимим і рентгенівським випромінюваннями в межах довжин хвиль 400-10нм.

Уся область ультрафіолетового випромінювання умовно ділиться на:

- довгі ультрафіолетові хвилі від 315 до 400 нм;
- середні ультрафіолетові хвилі від 280 до 315 нм;
- короткі ультрафіолетові хвилі від 10 до 280 нм.

Застосування

Вивчення спектрів випромінювання, поглинання і відбиття в УФ-області дозволяє визначати електронну структуру атомів, іонів, молекул, а також твердих тіл. УФ-спектри Сонця, зірок та ін. несуть інформацію про фізичні процеси, що відбуваються в гарячих областях цих космічних об'єктів. На фотоефекті, що викликається УФ-випромінюванням, заснована фотоелектронна спектроскопія. УФ-випромінювання може порушувати хімічні зв'язки в молекулах, внаслідок чого можуть відбуватися різні хімічні реакції (окислення, відновлення, розклад, полімеризація). Люмінесценція під дією УФ-випромінювання використовується при створенні люмінесцентних ламп, фарб, що світяться, в люмінесцентному аналізі і люмінесцентній дефектоскопії. Ультрафіолетове випромінювання застосовується в криміналістиці для встановлення ідентичності фарбників, автентичності документів і т.п. В мистецтвознавстві дозволяє знайти на картинах не видимі оком сліди реставрацій. Здатність багатьох речовин до виборчого поглинання ультрафіолетового випромінювання використовується для виявлення в атмосфері шкідливих домішок, а також в ультрафіолетовій мікроскопії.

1.1.7. Гамма-випромінювання

Гамма-випромінювання або гамма-промені — електромагнітне випромінювання найвищої енергії з довжиною хвилі меншою за 1 ангстрем. Утворюється в реакціях за участю атомних ядер і елементарних частинок в процесах розпаду, синтезу, анігіляції, при гальмуванні заряджених частинок великої енергії.

Позначаються грецькою літерою γ .

Гамма-промені спричиняють іонізацію атомів речовини, мають велику проникність, не заломлюються, породжують електрон-позитронні пари.

Використання

Незважаючи на небезпеку гамма-променів для живих організмів, вони застосовуються в медицині. Здатність високочастотних фотонів убивати живі

клітини можна використати для стерилізації медичних інструментів і для знищення ракових клітин. Для діагностики використовуються мічені атоми, які теж при розпаді випромінюють гамма-промені.

1.2. Дозиметрія як основна категорія вимірювань

Дозиметрія - розділ прикладної ядерної фізики, що розглядає іонізуюче випромінювання, фізичні величини, що характеризують поле випромінювання або взаємодію випромінювання з речовиною, а також принципи і методи визначення цих величин. Дозиметрія має справу з такими фізичними величинами іонізуючого випромінювання, які визначають його хімічну, фізичну і біологічну дію. Найважливіша властивість дозиметричних величин - встановлений зв'язок між фізичною величиною що вимірюється і очікуваним радіаційним ефектом.

1.2.1. Історія розвитку дозиметрії

В перші роки роботи вчених з рентгенівським випроміненням і радіоактивними елементами не робилися спроби щодо обмеження опромінення людини, не дивлячись на розуміння небезпеки іонізуючих випромінювань. Лише через майже 7 років з моменту відкриття рентгенівського випромінювання, англійський учений Роллінз в 1902 році запропонував обмежити опромінення тих, що працюють дозою, яка викликала почорніння використовуваних в той період часу фотоемульсій, що відповідало експозиційній дозі 10 Р/доба.

Проте перше чітке уявлення про фізично обґрунтоване поняття дози, досить близьке до сучасного, розробила швейцарська лікарка і фізик Крістен в статті «Вимір і дозування рентгенівських променів». Перш ніж в дозиметрії почали застосовувати фізично обґрунтовані методи, застосовували біологічні методи дозиметрії. Так виявлені і згодом добре вивчені ранні поразки шкірних покривів в осіб, що працюють з іонізуючим випромінюванням,

послужили підставою для пропозицій ведучих радіологів світу про обмеження професійного опромінення.

Згодом цими питаннями стали займатися спеціально створені національні комітети із захисту від іонізуючих випромінювань, які були створені в 1921 році в багатьох країнах. У ці роки була введена така одиниця рентгенівського випромінювання як рентген. У 1925 році американський радіолог Матчеллер рекомендував як толерантну (переносиму) дозу за місяць - дозу, рівну 340 Р (близько 100 мР/доба). Проте, лише в 1934 році, Міжнародна комісія із захисту від рентгенівського випромінювання і радіо, яка була створена в 1928 році (в даний час це Міжнародна комісія з радіологічного захисту (МКРЗ), вперше рекомендувала національним урядам прийняти як толерантної дозу 200 мР/доба. У 1936 році ця комісія зменшила вказану дозу до 100 мР/доба.

Подальше накопичення наукових даних про дію іонізуючого випромінювання, зокрема про скорочення тривалості життя експериментальних тварин, термін толерантна доза замінили обережнішим - гранично допустима доза (ГДД). Вже в 1948 році МКРЗ рекомендувало понизити ГДД опромінення професіоналів до 50 мР/доба (6 Зв за 40 років роботи), сформулювавши поняття ГДД як **«такої дози, яка не повинна викликати значного пошкодження людського організму у будь-який момент часу протягом його життя»**.

У 1953 році Міжнародна комісія з радіаційних одиниць і вимірів (яка була створена в 1925 році), ввела в практику загальнозастосовну дозову величину - поглинену дозу замість рентгена, яка стала застосовуватися як одиниця експозиційної дози. У 1958 році, на основі нових наукових даних, МКРЗ понизило ГДД до 0,6 Зв у віці до 30 років. У колишньому СРСР, в 1987 році ГДД була обмежена величиною 50 мЗв/рік.

У 1997 році Нормами радіаційної безпеки України (НРБУ-97) для професіоналів (категорія А - професійні працівники, які постійно або тимчасово працюють з джерелами іонізуючого випромінювання) прийнята

ГДД що дорівнює 20 мЗв/рік, для персоналу (категорія Б - особи не працюють безпосередньо з джерелами іонізуючого випромінювання, але за умовами роботи або мешкання можуть піддаватися дії іонізуючого випромінювання) - 2 мЗв/рік, а для населення - 1 мЗв/рік.

1.2.2. Формування дози опромінення в біологічному середовищі

При формуванні дози опромінення в біологічному середовищі розрізняються безпосередньо іонізуючі частки і побічно іонізуючі частки. Безпосередньо іонізуючі частки - це заряджені частки: **альфа-частки** (ядра гелію), **бета-частки** (електрони, позитрони) і ін., а побічно іонізуючі частки - це незаряджені частки: **нейтрони, гамма-кванти**.

При опроміненні біологічних індивідуумів розрізняють гостре (що виявляється ранніми ефектами опромінення) і пролонговане (тривале), однократне і багатократне (фракціоноване) опромінення. Як гостре, так і пролонговане опромінення може бути однократним або фракціонованим. Крім того, можливе хронічне опромінення, яке можна розглядати як різновид фракціонованого, але такого, що здійснюється тривалий час при дуже малих потужностях дози.

Дозу, що формується випромінюванням в речовині можна оцінити, вимірюючи, наприклад, викликане ним підвищення температури. Проте, навіть при дозах небезпечних для життя людини, енергії, що виділяється, виявляється недостатньо для нагріву опромінюваного організму на тисячні долі градуса. Тому при вивченні дії випромінювання на біологічні об'єкти, дози оцінюють із застосуванням чутливіших методів дозиметрії.

Розподіл дози в часі для різних по лінійній передачі енергії (ЛПЕ) випромінювань може значно розрізнятися і по-різному позначатися на радіобіологічних ефектах опромінення. Це виявляється особливо на віддалених наслідках біологічної дії випромінювань різних ЛПЕ, у зв'язку з чим, визначенню тимчасового розподілу дози в радіобіології приділяється серйозна увага.

Іонізуюче випромінювання, взаємодіючи з речовиною, передає йому енергію малими, кінцевими порціями. Передача енергії є процесом випадковим. Випадковою є і енергія, передавана речовині в кожному акті взаємодії. Тому поглинена в деякому об'ємі речовини енергія при багатократному опроміненні його в тотожних умовах однією і тією ж дозою іонізуючого випромінювання одного вигляду, строго кажучи, є дещо різною. Необхідно пам'ятати про принципово завжди присутні, але не завжди істотні флуктуації (розкиди) енергії, що поглинається (і, відповідно, поглиненої дози).

У випадку малих опромінюваних об'ємів, порівняних по величині з об'ємом окремих клітин, або субклітинних структур, можлива ситуація, при якій флуктуації поглиненої дози виявляються порівняними і навіть перевершують величину дози. У таких умовах зіставлення виходу радіаційно-індукованих ефектів з поглиненою дозою стає неоднозначним і виникає необхідність враховувати ці флуктуації. Флуктуації тим значніше, чим менше об'єм, в якому оцінюється величина поглиненої дози, і чим більше величина ЛПЕ випромінювання, що формує цю дозу.

В випадку формування так званих "малих доз" опромінення (у мікродозиметричному розумінні даного терміну, яке не завжди збігається з його біологічним розумінням), кількість пронизуваних треками іонізуючого випромінювання чутливих мікрооб'ємів в опромінюваному об'єкті істотно менше їх загального числа. В цьому випадку спостережувана, в середньому, лінійна зміна ступені прояву того або іншого радіобіологічного ефекту від дози випромінювання пов'язана просто із зростанням числа чутливих мікрооб'ємів, що пронизуються треками випромінювання, а не з власне лінійним характером дозової залежності виходу цього ефекту.

Подібна ситуація найчастіше реалізується в штатних умовах професійного опромінення і при дії на людину випромінювання радіаційного фону Землі, що формує, як відомо, поглинені дози облучення на рівні сотень міллігрей в рік (мГр/рік). Це означає, що протягом року через чутливі об'єми

окремих кліток організму людини дуже рідко проходить більше одного трека, а через іншу їх частину за цей же час треки взагалі не проходять.

Кількісна радіобіологія, навпаки, найчастіше вивчає дію випромінювання в таких умовах, коли кожен чутливий мікрооб'єкт в опромінюваному біологічному об'єкті пронизується великим числом треків і збільшення дози опромінення відповідає умові збільшення числа треків через кожен з його чутливих мікрооб'єктів.

1.2.3. Основні фізичні величини дозиметрії

Першопричиною радіаційних ефектів є поглинання енергії випромінювання опромінюваним об'єктом, і доза, як міра поглиненої енергії, є основною дозиметричною величиною. Тому, основною фізичною дозиметричною величиною, що використовується для оцінки міри дії випромінювання на середовище, є поглинена доза випромінювання.

Поглинена доза випромінювання (D) - це величина що визначається енергією випромінювання (Дж) поглинаємою одиницею маси (кг) опромінюваної речовини. За одиницю дози в системі СІ прийнятий грей (Гр):

$$D = 1\text{Дж}/1\text{кг}=1\text{ Гр.}$$

Грей це така доза іонізуючого випромінювання, при якій ділянці речовини масою 1 кг передається енергія 1 Дж. Позасистемною одиницею є "рад". 1 рад = 0,01 Гр.

Поглинена доза характеризує не саме випромінювання, а міру його дії на середовище. В принципі один і той же потік випромінювання в різних середовищах і навіть в різних ділянках одного середовища може сформувати різну величину поглиненої дози. Тому, коли говорять про поглинену дозу, необхідно вказувати, в якому середовищі вона сформована: в повітрі, воді або м'якій біологічній тканині.

Для характеристики розподілу дози опромінення в часі використовують величину потужності поглиненої дози, або інтенсивності опромінення. Під цим розуміють кількість енергії випромінювання, що

поглинається в одиницю часу одиницею маси опромінюваної речовини (Гр/година; Гр/рік).

При практичному використанні випромінювань людина, виключаючи спеціальні випадки медичних дій і радіаційні аварії, піддається дії малих доз опромінення. Умови роботи професіоналів в даний час найчастіше відповідають ситуації, коли чутливі мішені кліток їх організму одиничних треків іонізуючих часток, що формують дозу опромінення, істотно більше того часу, впродовж якого працюють репаративні (відновні) системи кліток, що усувають порушення, викликані частинкою що пройшла.

В цих умовах індуковані біологічні ефекти не залежать від таких чинників, як потужність дози, її розподіл, умови і ритм опромінення. Вихід ефектів визначається лише сумарною накопиченою дозою (незалежно від часу опромінення), тобто наслідки опромінення будуть однаковими при однократному опроміненні даною дозою, або при її здобутті протягом декількох днів, місяців і навіть року. На міру вираженості ефекту впливатиме лише просторовий розподіл актів іонізації і збудження, що створюються в треках, тобто лінійного передавання енергії (ЛПЕ) іонізуючого випромінювання. Тому, для таких умов введена спеціальна величина дози, що враховує обидва цих чинника, - еквівалентна доза. Цією величиною можна однозначно пов'язати вихід радіаційних наслідків опромінення з дозою опромінення.

Еквівалентна доза (H) визначається як добуток поглиненої дози (D) даного виду випромінювання на середнє значення зважуючого фактору (коефіцієнта якості) іонізуючого випромінювання (WR), в даному елементі - об'єму біологічної тканини. Значення WR для різних видів випромінювань представлені в таблиці 1. Ця доза є міра вираженості стохастичних ефектів опромінення. Вона застосовна для оцінки радіаційної небезпеки хронічного опромінення випромінюванням довільного складу (і гострого опромінення дозою менше 0,25 зіверт) і визначається за формулою:

$$H = D \cdot WR$$

За одиницю еквівалентної дози в системі СІ прийнятий зіверт (Зв). Зіверт дорівнює такій еквівалентній дозі, при якій, величина добутку поглиненої в біологічній тканині дози іонізуючого випромінювання на середнє значення зважуючого фактору, для цього випромінювання дорівнює 1 Дж/кг. Позасистемною одиницею є "бер" (біологічний еквівалент рентгена). 1 бер = 0,01 Зв.

З визначення виходить, що для випромінювання з $WR = 1$, еквівалентна доза 1 Зв реалізується при поглиненій дозі 1 Гр, тобто для цього випадку 1 Зв = 1 Гр. Якщо ж WR відмінно від 1, то еквівалентна доза 1 Зв буде сформована в біологічній тканині при величині поглиненої дози в ній рівною $(1/WR)$ Гр. Допускається підсумовування еквівалентних доз для оцінки загального рівня опромінення за тривалий проміжок часу, якщо кожна разова доза, що мала місце при фракціонованому гострому опроміненні за цей час не перевищувала 0,25 Зв.

Таблиця 1

Значення радіаційних зважуючих факторів (WR)

Вид випромінювання і діапазон енергії	WR
Фотони, всі енергії (включаючи гама- і рентгенівське випромінювання)	1
Електрони (позитрони) і мюони, всі енергії	1
Протони з енергією > 2 МеВ	5
Нейтрони з енергією < 10 кеВ	5
Нейтрони з енергією від 10 кеВ до 100 кеВ	10
Нейтрони з енергією від 100 кеВ до 2 МеВ	20
Нейтрони з енергією від 2 МеВ до 20 МеВ	10
Нейтрони з енергією > 20 МеВ	5
Альфа-частки, уламки ділення, важкі ядра віддачі	20

Для змішаного випромінювання еквівалентна доза визначається як сума добутків поглинених доз окремих видів випромінювань на відповідні значення зважуючих факторів цих випромінювань.

При заданій еквівалентній дозі опромінення вірогідність виходу стохастичних наслідків залежить від опромінюваної їм тканини або органу.

Тому, був введений ще один коефіцієнт, що враховує специфіку різних тканин з точки зору вірогідності індукції в них стохастичних наслідків опромінення, - тканинний зважуючий фактор (WT). Прийняті в теперішній час значення WT представлені в таблиці 2 і використовуються виключно для розрахунку ефективної дози. Зважуючі тканинні фактори введені, виходячи з концепції безпорогової дії випромінювань, а їх величини відповідають виходу стохастичних наслідків для різних органів і тканин, отриманому на основі лінійної екстраполяції наявних даних з області великих доз опромінення (оскільки реальний вихід стохастичних наслідків в області малих доз невідомий).

Таблиця 2 - Значення тканинних зважуючих факторів (WT)

Тканина або орган	WT
Гонади (статеві залози)	0.20
Червоний кістяний мозок	0.12
Товста кишка	0.12
Легені	0.12
Шлунок	0.12
Сечовий міхур	0.05
Молочна залоза	0.05
Печінка	0.05
Стравохід	0.05
Щитовидна залоза	0.05
Шкіра	0.01
Кісткова поверхня	0.01
Інші тканини і органи (наднирки, нирки, головний мозок, дихальні шляхи позагрудної області, мишці, матка, селезінка, тонка кишка, підшлункова і вилочкова залоза)	0.05
Все тіло	1.00

На відміну від стохастичних ефектів, не стохастичні (детерміновані) виявляються лише при отриманні певних доз (табл.3).

Таблиця 3 - Значення доз, нижче яких виключено виникнення не стохастичних (детермінованих) ефектів

Орган, тканина	Не стохастичний (детермінований) ефект	Доза, Гр
----------------	--	----------

Все тіло	Блювота	0,5
Кістяний мозок	Смерть	1,0
Шкіра	Опік, тимчасова епіляція	3,0
Легені	Пневмонія	5,0
Легені	Смерть	10
Щитовидна залоза	Порушення, деструкція залози	10

Абсолютні значення факторів підібрані так, щоб їх сумарна величина дорівнювала одиниці. Це дозволяє трактувати тканинні зважуючі фактори, як набір коефіцієнтів, що визначають відносні вклади відповідних органів в сумарний вихід стохастичних наслідків, що виникають при рівномірному опроміненні всього організму. Самим радіочутливим органом по критерію виходу цих наслідків є статеві залози, повністю відповідальні за генетичні ефекти і частину соматичних стохастичних наслідків опромінення.

Фізичний сенс поняття ефективної дози наступний: значення **ефективної дози (Е)** відповідає такому рівню рівномірного опромінення всього організму, при якому сумарний вихід стохастичних наслідків опромінення у нього буде таким же, як і в разі локального опромінення органу (Т) еквівалентною дозою величиною (Н):

$$E = H \cdot WT$$

За одиницю ефективної дози в системі СІ теж був прийнятий зіверт (Зв). При рівномірному опроміненні - ефективна доза дорівнює еквівалентній дозі. При нерівномірному опроміненні - ефективна доза дорівнює добутку еквівалентної дози на тканинний зважуючий фактор, або дорівнює такій еквівалентній дозі (при рівномірному опроміненні), яка створює такий же ризик небажаних наслідків.

Виміряти ефективну дозу опромінення організму неможливо. Її розраховують як суму добутків еквівалентних доз (Н) в окремих органах і тканинах на відповідні значення зважуючих факторів (WT), що зважують, вказаних в таблиці 2.

Ефективна доза є мірою виходу стохастичних наслідків біологічної дії малих доз опромінення на даного індивіда, тобто вона є міра індивідуальної небезпеки, обумовленої дією на організм малих доз іонізуючих випромінювань.

Для фотонного випромінювання введена специфічна величина в дозиметрії - **експозиційна доза**. Чисельно вона дорівнює абсолютному значенню повного заряду іонів одного знаку, утворених в одиниці маси повітря при повному гальмуванні електронів і позитронів, звільнених фотонами (рентгенівським випромінюванням). Тобто, це повітряноеквівалентна одиниця дози, яка не призначена для дозиметрії в речовині.

Одиницею виміру експозиційної дози в системі СІ є кулон/кг (Кл/кг), позасистемною одиницею є рентген (Р).

$$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг (точно).}$$

Експозиційну дозу можна використовувати для наближеної оцінки поглиненої і експозиційної доз в речовині (табл. 4).

Таблиця 4 - Перерахунок доз для гама-випромінювання (мишці)

Величина	Система	Одиниця	Перерахунок в:
Експозиційна доза	СИ	Кл/кг	Поглинену 1 Р ~ 0,0091 Гр ~0,96 рад
	Позасистемна	Р	Еквівалентну 1 Р ~ 0,0091 Зв ~0,91 бер
Поглиненна доза	СИ	Гр	Експозиційну 1Гр = 100 рад ~110 Р
	Позасистемна	рад	Еквівалентну 1 Гр = 1 Зв=100 бер
Еквівалентна доза	СИ	Зв	Експозиційну 1 Зв ~110 Р
	Позасистемна	бер	Поглинену 1 Зв = 100 бер = 1 Гр

2. Прилади дозиметричного контролю: принципи роботи та види

Прилади дозиметричного контролю іонізуючих випромінювань призначені для вимірювання потужності іонізуючих випромінювань (рівня радіації) і ступеня радіоактивного забруднення різних предметів

В сучасних дозиметричних приладах найбільш розповсюджений іонізаційний метод знаходження та вимірювання іонізуючих випромінювань. Він заснований на використанні однієї з властивостей радіоактивних речовин – іонізувати середовище, в якому вони розповсюджуються (тобто розщеплювати нейтральні молекули або атомні пари: додатні – іони і від’ємні - електрони).

Якщо взяти замкнений об’єм газу і надати йому електричний струм, то ті електрони та іони, що утворюються при опроміненні придуть до упорядкованого руху: перші будуть переміщуватись до анода, другі – до катода. В результаті між електродами (анодом і катодом) виникає так званий іонізаційний тік, величина котрого прямо пропорційна потужності дози іонізуючого випромінювання. По силі іонізаційного току можна судити про інтенсивність випромінювань.

2.1. Принципи роботи дозиметричних приладів

Сприймаючими пристроями дозиметричних приладів є іонізаційні



камери та іонізаційні лічильники.

Іонізаційна камера являє собою заповнений повітрям замкнутий об’єм, в якому поміщені додатній і від’ємний електроди. Анодом в ній служить тонкопровідна куля, катодом – металевий стержень. До електродів підводиться струм від джерела живлення, яке утворює в камері електричне поле.

Якщо іонізуючих променів немає, то повітря в камері не іонізоване і не проводить електричний струм.

Під впливом випромінювань, повітря в камері іонізується, ланцюг замикається і по ній проходить іонізаційний тік. Він поступає в електричну схему приладу, підсилюється, перетворюється і змінюється міліамперметром, шкала якого відградує в рентгенах на годину або мілірентгенах на годину. Подібні іонізаційні камери застосовуються в приладах, за допомогою яких вимірюють потужність дози гамма-випромінювання (рівень радіації) на місцевості.

Газорозрядний лічильник уявляє собою металевий (або скляний)



циліндр, заповнений розрідженою сумішшю інертних газів з невеликими добавками, які поліпшують його роботу.

Анодом служить тонка металева нить, натягнута всередині корпусу, котрий є катодом (у скляних лічильників катод – тонкий шар метала, нанесений на внутрішню поверхню корпусу.)

Газорозрядні лічильники застосовуються в приладах, призначених для виявлення і вимірювання ступеня забрудненості різних поверхонь радіоактивними речовинами. Вони також можуть використовуватися для вимірювання потужності дози гамма-випромінювань (рівня радіації).

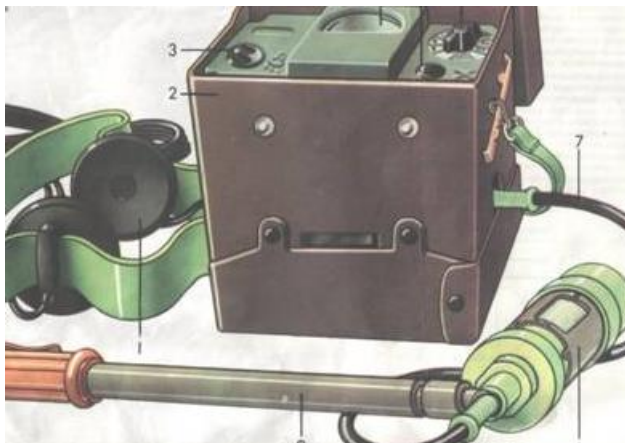
В залежності від виконання завдання прилади радіаційної і хімічної розвідки та дозиметричного контролю розділяються на:

- Вимірювачі потужності дози, при допомозі яких вимірюються рівні (ДП-3б, ВПД-21с, ВПД-21Б);
- Вимірювачі потужності дози – ДП-5А, Б, В, ВПД-12, при допомозі яких мікродіапазонні комбіновані прилади;

- Вимірювачі поглинання дози – (ІД-1, ІД-11) (гамма-, нейтронні випромінювання) – це прилади індивідуального дозиметричного контролю, при допомозі яких виявляють, яку дозу отримала людина (персонально), в якій ситуації або за відповідний період;
- Дозиметри – (ДК-02, ДКП-50, ДП-22В, ДП-24) для одного виду випромінювання;
- Газосигналізатори автоматичні (ГСА-12, АСП, ГСП-11, ГС-СОМ), при допомозі яких проводиться автоматичний контроль навколишнього середовища з метою виявлення парів отруйних, радіаційних речовин, аерозолів;
- Декадно-розрахункова установка (ДП-100, ДП-100 АДМ), призначена для вимірювання кількості електричних імпульсів при виявленні ступені зараженості радіаційними ізотопами води, продовольства, повітря, проб ґрунту і т. д.

Вимірювач потужності дози ДП-5

Вимірювач потужності дози (рентгенметр ДП-5В призначається для



вимірювання рівнів гамма-радіації і радіоактивної зараженості різноманітних предметів гамма-випромінювання.

Потужність експозиції дози гамма-випромінювання

визначається у мілірентгенах (або рентгенах на 1 годину) для тієї точки простру, де знаходиться блок детектування приладу. Крім того, приладом ДП-5В можна виміряти і рівень бета-випромінювання. Діапазон змін має шість піддіапазонів вимірювань.

ДП-64 призначений для постійного спостереження і виявлення початку радіаційного зараження. Прилад стаціонарний, використовується як

правило в приміщеннях, датчик виноситься на вулицю. Прилад ДП-64 працює в слідкуючому режимі та забезпечує звукову та світлову сигналізацію через 3 секунди по досягненню рівнів гамма-випромінювання 0,2 р/год. На наявність гамма-випромінювання вказує спалах неонові лампи та синхронні клацання динаміка.

Прилади ДП-3б, МД С (стаціонарний), МД Б (бортовий) – вимірювачі потужності дози. Призначені для вимірювання рівнів радіації на місцевості, зараженій радіоактивними речовинами (радіонуклідами). Вони є основними приладами для проведення радіаційної розвідки на рухомих механізованих транспортних засобах (автомобіль, БТР, вертоліт і т. д.), які мають бортову мережу постійного струму напругою 12 або 26 В.

Дозиметр ДП-22В (ДКП-50А)



Дозиметр ДП-22В – це комплект індивідуальних дозиметрів ДКП-50А, призначених для вимірювання дози іонізуючого випромінювання, отриманого людьми під час перебування на радіоактивно забрудненій місцевості.

Вимірювач потужності дози ІМД-21с (б) призначений для вимірювання потужності експозиційної дози гамма-випромінювання та видачі світлового сигналу про перевищення порогового значення потужності експозиції дози гамма-випромінювання. Вимірювач потужності дози використовується як стаціонарний (ІМД-21с), так і рухомий (ІМД-21б).

ІМД-21с (б) забезпечує вимірювання потужності експозиційної дози гама – випромінювання від 1 до 10 000 р/год.

ІМД-21с (б) забезпечує сигналізацію про перевищення встановленого порогового значення потужності експозиційної дози гамма-випромінювання 1,5, 10, та 100 р/год.

Прилади ІД-1, ІД-11 – це комплекти індивідуальних дозиметрів, які служать для вимірювання поглинених доз гама – випромінювання у межах 2-500 рад. при потужності від 10 до 360 0000 рад/год. Це мініатюрні пристрої, з допомогою яких виявляють дозу, яку дістала людина персонально. ІД-1 та ІД-11 по виду реєструємих доз відносяться:

По діапазону реєструємих доз: до аварійних, грубих, розраховані на високі рівні радіації;

Конструктивно: ІД-1 – прямопоказуючі, ІД-11 – непрямопоказуючі.

Прилад ДК-0,2 – прямопоказуючий дозиметр, виконаний у виді авторучки з оптичним окуляром, який дозволяє безпосередньо проводити відрахунок експоненційної дози гамма-випромінювання в діапазоні 0-200 мР. В його корпусі вмонтована інтегруюча іонізаційна камера та конденсатор, живлення якого здійснюється перед роботою від зарядного пристрою.

Радіометр-дозиметр гамма-, бета-випромінювань РКС-01 "Стора"



Радіометр-дозиметр гамма-, бета-випромінювань РКС-01 "Стора" призначений для індивідуального і колективного користування при вимірюванні значення потужності експозиційної дози гамма-випромінювання та щільності потоку бета-частинок.

Радіометр призначений для вимірювання радіаційного фону в місцях проживання і праці населення, контролю радіаційної чистоти житлових і виробничих приміщень, будівель та споруд, предметів одягу, території, що прилягає, поверхні ґрунту на присадибних ділянках, транспортних засобів.

Прилад забезпечує високу точність обробки інформації, зміну оперативності вимірювань без втрат точності при різних рівнях випромінювання. Схема обробки інформації приладу позбавлена температурної нестабільності, прилад має низьке енергоспоживання, живиться від акумуляторів.

Дозиметр-радіометр гамма-, бета-випромінювань ДКС-01М "Селвіс"

Дозиметр-радіометр гамма-, бета-випромінювань ДКС-01М "Селвіс" призначений для вимірювання еквівалентної дози і потужності еквівалентної дози гамма- та рентгенівського випромінювань, часу накопичення еквівалентної дози, а також поверхневої щільності потоку бета – частинок.

Дозиметр використовується для і радіометричного контролю на промислових підприємствах, атомних електростанціях, в науково-дослідницьких організаціях; контролю радіаційної чистоти житлових приміщень, будівель і споруд, території, що до них прилягає, предметів побуту, одягу, поверхні ґрунту на присадибних ділянках, транспортних засобів.



Дозиметр гамма-випромінювання індивідуальний ДКС-02К "КАДМІЙ"

Дозиметр гамма-випромінювання індивідуальний ДКС-02К "КАДМІЙ" призначений для вимірювання еквівалентної дози та потужності еквівалентної дози гамма- та рентгенівського випромінювань, а також часу накопичення еквівалентної дози.

Дозиметр використовується для індивідуального дозиметричного контролю на

промислових підприємствах, атомних електростанціях, в науково-дослідницьких організаціях, радіологічних відділах, а також контролю радіаційного забруднення оточуючого середовища.

Прилад має звукову та світлову сигналізацію перевищення порогових рівнів, можливість програмування порогових рівнів по дозі та потужності дози.



Дозиметр-радіометр гамма-, бета-випромінювань пошуковий МКС-07 "ПОШУК".

Дозиметр-радіометр гамма-, бета-випромінювань пошуковий МКС-07 "ПОШУК" призначений для вимірювання еквівалентної дози і потужності еквівалентної дози гамма- та рентгенівського випромінювань, а також поверхневої щільності потоку бета-частинок.

Дозиметр використовується для дозиметричного та радіометричного контролю на промислових підприємствах, атомних електростанціях, в науково-дослідницьких організаціях; контролю радіаційної чистоти житлових приміщень, будівель і споруд, території, що до них прилягає, предметів побуту, одягу, поверхні ґрунту на присадибних ділянках, транспортних засобів.

Прилад забезпечує можливість програмування порогових рівнів потужності дози гамма-випромінювання та щільності потоку бета-частинок, звукову сигналізацію зареєстрованих гамма-квантів, бета-частинок та перевищення запрограмованого порогового рівня потужності еквівалентної дози чи щільності потоку бета-частинок; реєстрацію м'яких бета-випромінювань.

Дозиметр-радіометр універсальний "МКС-У"

Дозиметр-радіометр універсальний "МКС-У" (модернізований рентгенометр ДП-5В) призначений для вимірювання еквівалентної дози і



потужності еквівалентної дози гамма-випромінення та поверхневої щільності потоку бета-частинок.

Прилад забезпечує можливість роботи в умовах атмосферних опадів (дощ, сніг), в умовах запиленої атмосфери та при заглибленні виносного детектора гамма-випромінення в воду на глибину до 0,5 м., вимірювання аварійних рівнів перевищення еквівалентної дози гамма-випромінення з доставкою виносного детектора на відстань до 30 м., автоматичну установку інтервалів та діапазонів вимірювань.

3. Розгляд методики виконання вимірювань іонізуючого випромінювання при проведенні радіаційного контролю транспортних засобів та вантажів

3.1. Рекомендації щодо розроблення та реалізації методик виконання вимірювань.

Розроблення та реалізацію МВВ необхідно виконувати поетапно відповідно з вимогами ГОСТ 8.010:

- поставлення завдання щодо вимірювання;
- визначення вимог до МВВ;
- вибір та підтвердження можливості реалізації МВВ;
- визначення варіанта створення МВВ; – розроблення проекту документа, що регламентує МВВ (стандарт, технічні умови, рекомендації тощо);
- метрологічна експертиза проекту документа, що регламентує МВВ;
- визначення необхідності атестації МВВ;
- атестація МВВ;
- затвердження та реєстрація МВВ;
- формування МВВ;
- вимірювання за МВВ;
- метрологічний контроль та нагляд за атестованими МВВ;
- коригувальні дії щодо атестованої МВВ;
- поліпшування атестованої МВВ.

3.2. Загальні відомості

Методика (далі – МВВ) встановлює процедуру проведення вимірювань потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінювання та поверхневої густини потоку бета-частинок на поверхні транспортних засобів та вантажів.

Амбієнтний еквівалент дози $H^*(d)$ – еквівалент дози, який був створений в кульовому фантомі МКРЕ (міжнародної комісії з радіаційним

одинацям) на глибині d (мм) від поверхні по діаметру, що паралельний напрямку випромінювання, в полі випромінювання, ідентичному оскільки він розглядався за складом, флюенса і енергетичного розподілу, але мононаправленому і однорідному, **тобто амбієнтний еквівалент дози $H \times (d)$ - це зовнішня еквівалентна доза, яку отримала би людина, якби вона перебувала на місці, де проводиться вимір.** Одиниця амбієнтної еквівалентної дози - зіверт (Зв)

Потужність амбієнтного еквіваленту дози $H \times (d)$ – відношення приросту амбієнтного еквіваленту дози $dH \times (d)$ за інтервал часу dt до величини цього інтервалу $H \times (d) = dH \frac{(d)}{dt}$

МВВ застосовується з метою виконання вимірювань у сфері поширення державного метрологічного контролю та нагляду, а саме контролю стану навколишнього природного середовища. Діапазон вимірювань потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінювання становить від 0,1 мкЗв/год до 10 мкЗв/год включно. Діапазон вимірювань поверхневої густини потоку бета-часток становить від 10 част/(см² хв.) до 1000 част/(см² хв) включно.

Метод вимірювання потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінювання ґрунтується на прямому вимірюванні потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінювання на поверхні обстежуваного об'єкта. Метод вимірювання поверхневої густини потоку бета-часток ґрунтується на прямому вимірюванні поверхневої густини потоку бета-часток на поверхні обстежуваного об'єкта.

Характеристики похибки вимірювань МВВ забезпечує виконання вимірювань потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінювання на поверхні об'єктів із границями сумарної відносної похибки ($\pm \delta \gamma$), значення якої за довірчої ймовірності $P = 0,95$ не перевищує 40 %. МВВ забезпечує виконання вимірювань поверхневої густини потоку бета-часток на поверхні

об'єктів із границями сумарної відносної похибки ($\pm\delta\beta$), значення якої за довірчої ймовірності $P = 0,95$ не перевищує 40%.

3.3. Засоби вимірювальної техніки та допоміжне обладнання

Дозиметр-радіометр пошуковий типу МКС-07-«Пошук», РКС-01 «Стора-ТУ» (далі – дозиметр-радіометр) або інші з метрологічними характеристиками та показниками якості не нижчими за вказані в цій МВВ. Засоби вимірювальної техніки мають бути повірені або атестовані в установленому порядку.

3.4. Вимоги безпеки

При виконанні вимірювань дотримуються вимог радіаційної безпеки відповідно до:

- ДГН 6.6.1-6.5.001-98 Норми радіаційної безпеки України НРБУ-97;
- ДСП 6Л 77-2005-09-02 Державні санітарні правила.

3.5. Радіаційна гігієна

Забороняється зберігання та використання дозиметрів-радіометрів зі знятими кришками для запобігання псування та втрати контрольних, джерел із радіонуклідами, які можуть входити до комплекту дозиметра-радіометра.

3.6. Вимоги до кваліфікації операторів

До виконання вимірювань й обробки їх результатів допускаються фахівці, які пройшли інструктаж із радіаційної безпеки та охорони праці, ознайомилися з даною методикою й інструкцією з експлуатації дозиметра-радіометра та яких допущено до роботи в установленому в організації порядку.

3.7. Підготовка до виконання вимірювань та виконання вимірювань

Вимірювання потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення. Дозиметр-радіометр підготовлюють до вимірювань потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення згідно з

інструкцією з експлуатації. Вимірювання потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення на місці розташування об'єкта (фону)

За допомогою дозиметра-радіометра здійснюють декілька одиничних вимірювань потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення фону:

- по можливості, рівномірно по контуру майданчика, де буде знаходитись обстежуваний об'єкт, у разі його відсутності на майданчику;

- по можливості, рівномірно навкруги об'єкта вимірювань на відстані від нього, не меншій ніж розмір об'єкта в горизонтальній площині, у разі його наявності на майданчику.

Вимірювання здійснюють, розташовуючи детектор дозиметра-радіометра на рівні одного метра над поверхнею майданчика. У точці, де зареєстровано мінімальне значення потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення, проводять багаторазові вимірювання гамма-фону. Кількість одиничних вимірювань повинна бути такою, щоб значення відносного середньоквадратичного відхилення (далі – СКВ) середнього значення результатів вимірювань не перевищувало 0,2.

3.8. Вимірювання потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення об'єкта

Виявляють точки на поверхні об'єкта, в яких значення потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення більше ніж у 1,3 рази перевищує контрольний фоновий рівень. Для цього в пам'ять дозиметра-радіометра вводять пороговий рівень спрацьовування звукової сигналізації, а саме 1,3 значення контрольного фонового рівня, а також встановлюють мінімально можливий проміжок часу між послідовними вимірюваннями. У режимі пошуку детектор дозиметра-радіометра переміщують по маршрутним лініям зйомки на поверхні об'єкта, прокладеним паралельно поверхні контрольного майданчика на відстані 0,5 м одна від одної, на мінімальній можливій відстані (не більше ніж 10 см) від поверхні об'єкта, зі швидкістю не більше ніж 0,1 м/с. Починають, наприклад, уздовж одного з розмірів

об'єкта (довжини, висоти чи товщини), після закінчення початкової лінії переміщення продовжують по іншій найближчій лінії і так далі, максимально охоплюючи всю поверхню об'єкта. Зчитування показів дозиметра-радіометра та порівняння їх із контрольним рівнем проводять через кожні 0,5 м маршрутною лінією зйомки. Якщо за даними зйомки не виявлено точок, у яких покази дозиметра-радіометра перевищують контрольний фоновий рівень потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінювання в 1,3 рази, результат радіаційного контролю вважають позитивним, а за результат вимірювання потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінювання об'єкта приймають контрольний фоновий рівень потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінювання. У випадку виявлення такої точки, проводять більш детальне обстеження поверхні об'єкта навколо неї, переміщуючи детектор по поверхні об'єкта в різних напрямках до виявлення точок» з максимальними показами дозиметра-радіометра (далі – контрольної точки). У контрольній точці на поверхні об'єкта в режимі вимірювань здійснюють багаторазові вимірювання потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінювання, розміщуючи детектор на мінімальній можливій відстані від неї (не більше ніж 10 см). Кількість одиничних вимірювань при цьому дорівнює кількості одиничних вимірювань потужності амбієнтного еквівалента дози гамма- випромінювання фону.

3.9. Вимірювання поверхневої густини потоку бета-часток

Вимірювання поверхневої густини потоку бета-часток здійснюють, якщо в режимі пошуку на поверхні об'єкта виявлено контрольні точки. Дозиметр-радіометр підготовлюють до вимірювань поверхневої густини потоку бета-часток згідно з інструкцією з експлуатації. Проводять багаторазові вимірювання поверхневої густини потоку бета-часток власного фону дозиметра-радіометра, розташовуючи детектор бета-часток на рівні 1 м над поверхнею майданчика. Кількість одиничних вимірювань при цьому дорівнює кількості одиничних вимірювань потужності амбієнтного

еквівалента дози гамма-випромінення фону. Вимірювання поверхневої густини потоку бета-частинок об'єкта. Проводять багаторазові вимірювання поверхневої густини потоку бета-частинок об'єкта, розміщуючи блок детектування на мінімальній можливій відстані (не більше ніж 10 см) від виявленої контрольної точки на поверхні об'єкта. Кількість одиничних вимірювань при цьому дорівнює кількості одиничних вимірювань потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення фону. 9. Обробка результатів вимірювань Обробку результатів вимірювань потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення та поверхневої густини потоку бета-частинок виконують згідно з ДСТУ ГОСТ 8.207-2008.

3.10. Обробка результатів вимірювань потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення фону

Розраховують потужність амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення фону, $H(10)_\phi$, мкЗв/год, як середнє арифметичне результатів n одиничних вимірювань, $H(10)_\phi i$, мкЗв/год, за формулою (3.1):

$$H(10)_\phi = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n H(10)_\phi i \quad (3.1)$$

Розраховане значення приймають за контрольний фоновий рівень потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення.

Розраховують відносне СКВ середнього значення результатів вимірювань потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення фону, S_ϕ , за формулою (3.2):

$$S_\phi = \frac{1}{H(10)_\phi} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n H(10)_\phi i - H(10)_\phi}{n(n-1)}} \quad (3.2)$$

Значення відносного СКВ середнього значення результат вимірювань потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення фону не повинно перевищувати 0,2: $S_\phi \leq 0,2$.

Розраховують середнє арифметичне результатів n одиничних вимірювань потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення об'єкта, отриманих в контрольній точці, $H(10)_M$, мкЗв/год, за формулою (3.3):

$$H(10)_M = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n H(10)_{mi} \quad (3.3)$$

Результат вимірювання потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення об'єкта, $H(10)_{Mo}$, мкЗв/год, розраховують як різницю між середнім значенням потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення об'єкта в контрольній точці та контрольним фоновим рівнем потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення за формулою (3.4):

$$H(10)_{Mo} = H(10)_m - H(10)_\phi \quad (3.4)$$

3.11. Обробка результатів вимірювань поверхневої густини потоку бета-часток

Розраховують контрольний фоновий рівень поверхневої густини потоку бета-часток, F_ϕ , част/(см²·хв), як середнє арифметичне результатів n одиничних вимірювань, за формулою (3.5):

$$F_\phi = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n F_{\phi-1} \quad (3.5)$$

Розраховують середнє арифметичне результатів n одиничних вимірювань поверхневої густини потоку бета-часток, F_M , част/(см²·хв), за формулою (3.6):

$$F_\phi = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n F_{mi} \quad (3.6)$$

Результат вимірювання поверхневої густини потоку бета-часток об'єкта, F_{Mo} , мкЗв/год, розраховують за формулою (3.7) як різницю між

середнім значенням поверхневої густини потоку бета-частинок об'єкта в контрольній точці та контрольним фоновим рівнем поверхневої густини потоку бета-частинок:

$$F_{mo} = F_m - F_{\phi} \quad (3.7)$$

3.12. Контроль похибки вимірювань

Періодичний контроль похибки вимірювань за МВВ проводять у стаціонарних лабораторних умовах за допомогою еталонних джерел радіоактивних ізотопів.

Періодичність контролю становить один раз на місяць.

3.13. Оформлення результатів радіаційного обстеження

Результати вимірювання потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення реєструють у протоколі радіаційного обстеження за цим показником (Додаток 1). В протокол також заносять додаткову інформацію про виявлені контрольні точки на поверхні обстежуваного об'єкта: розташування, координати, умовні позначки, нанесені на об'єкт та ін.

Результати вимірювання поверхневої густини потоку бета-частинок реєструють у протоколі радіаційного обстеження за цим показником. В протокол також заносять додаткову інформацію про виявлені контрольні точки на поверхні обстежуваного об'єкта: розташування, координати, умовні позначки, нанесені на об'єкт та ін.

Результат вимірювання потужності амбієнтного еквівалента дози гамма-випромінення чи поверхневої густини потоку бета-частинок повинен закінчуватись тим же десятковим розрядом, що і його абсолютна похибка.

4. Пропозиції щодо покращення методики виконання вимірювань за умови проведення радіаційного контролю транспортних засобів і вантажів

З метою організації та проведення радіаційного контролю транспортних засобів і вантажів, державними інспекторами з охорони навколишнього природного середовища (далі - держкоінспектори) Державної екологічної інспекції Міністерства екології та природних ресурсів України (далі - Держекоінспекція Мінекоресурсів), які виконують роботи з обстеження транспортних засобів і вантажів, що підлягають екологічному контролю, у пунктах пропуску через державний кордон та на митній території України, пропонується алгоритм проведення зазначеного контролю як частина методики виконання вимірювань, що наведена в Розділі 3 даної кваліфікаційної роботи.

Радіаційний контроль (далі - РК) здійснюється з метою недопущення порушень чинного законодавства щодо переміщення через державний кордон радіоактивних речовин та ядерних матеріалів (далі - РР і ЯМ відповідно), а також радіаційно забруднених транспортних засобів та вантажів, у тому числі з метою транзиту.

РК здійснюється держкоінспекторами, які мають необхідну освіту, пройшли навчання за цим напрямком і отримали спеціальне посвідчення на право проведення цього виду контролю, яке видається Державним інститутом підвищення кваліфікації та перепідготовки кадрів Міністерства екології та природних ресурсів України.

Основними завданнями радіаційного контролю є:

- виявлення і недопущення несанкціонованих ввезень, вивезень та транзитних перевезень через територію України РР і ЯМ;
- здійснення контролю за виконанням вимог норм і правил радіаційної безпеки (далі - РБ) при санкціонованому переміщенні РР і ЯМ

через державний кордон;

- здійснення контролю за станом РБ транспортних засобів і вантажів з метою недопущення переміщення радіаційно забруднених об'єктів через державний кордон;

- здійснення контролю і забезпечення РБ персоналу, який здійснює перевезення РР і ЯМ, персоналу постів екологічного контролю в пунктах пропуску через державний кордон та на митній території України.

Загальний порядок здійснення радіаційного контролю

РК в пунктах пропуску через державний кордон та на митній території України здійснюється стаціонарними та переносними приладами РК.

Радіаційні параметри, що контролюються

Радіаційні параметри, що контролюються	Одиниця вимірювання	Примітка
<i>ПЕД гамма-випромінювання від підконтрольного об'єкта</i>	<i>мкЗв/год (мкР/год)</i>	
<i>ПЕД гамма-випромінювання у кабіні водія</i>	<i>мкЗв/год (мкР/год)</i>	<i>Якщо перевезення автотранспортом</i>
<i>Щільність потоку бета-частинок з поверхні підконтрольного об'єкта</i>	<i>част/хв.×см²</i>	<i>Наявність поверхневого забруднення</i>



Система контрольних рівнів:

Радіаційні параметри, що контролюються	Одиниця вимірювання	Не більше!
<i>ПЕД гамма-випромінювання</i>	<i>мкЗв/год (мкР/год)</i>	<i>0,5 (50)</i>
<i>Щільність потоку бета-частинок, що знімаються з поверхні підконтрольного об'єкта</i>	<i>част/хв.×см²</i>	<i>30</i>

Рис.4.1. Радіаційні параметри, що контролюються під час проведення радіаційного контролю

Під час вимірювання потужності еквівалентної дози (ПЕД) використовуються радіометричні пошукові прилади типу СРП-68, СРП-88 із сцинтиляційним детектором чи аналогічні їм прилади РК, що дозволяє оперативно виявити місця, де гамма-випромінювання перевищує значення існуючого природного гамма-фону. Показання цих приладів є підставою для подальшого проведення радіометричних досліджень (визначення сумарної питомої радіоактивності вантажу) у місцях, де виявлено рівні, що перевищують природний фон гамма-випромінювання більше ніж на 30%.

Для складання висновків про рівні ПЕД зовнішнього гамма-випромінювання, що формує дозу зовнішнього опромінення людини в місцях її перебування, а також для порівняння фактичних значень ПЕД з допустимими рівнями використовують результати вимірювання ПЕД, що одержані за допомогою приладів-дозиметрів.

Усі прилади мають бути повірені метрологічною службою у встановленому законодавством порядку.

РК транспортних засобів і вантажів, які переміщуються через державний кордон, повинен передбачати чотири послідовні етапи (рівні):

- експрес-контроль наявності іонізуючого випромінювання, яке іде від об'єкта, що контролюється (здійснюється стаціонарними приладами РК);
- детальний контроль, який здійснюється службою екологічного контролю за допомогою переносних дозиметричних приладів та шляхом візуального огляду об'єктів з метою виявлення контейнерів або матеріалів, які призначено для екранування іонізуючого випромінювання (через відсутність стаціонарних приладів РК підконтрольних об'єктів починається з цього рівня);

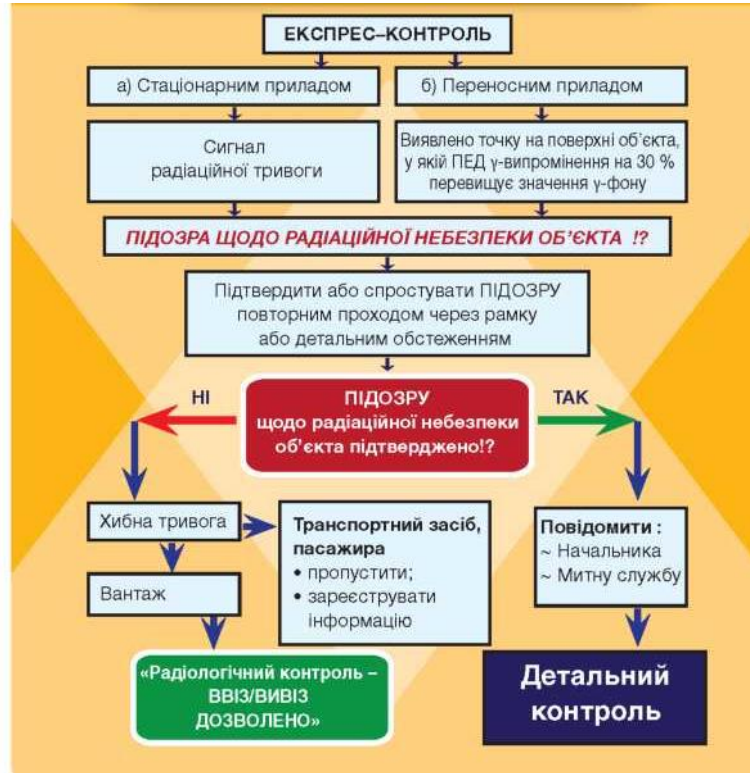


Рис. 4.2. Алгоритм проведення експрес-котролю РК

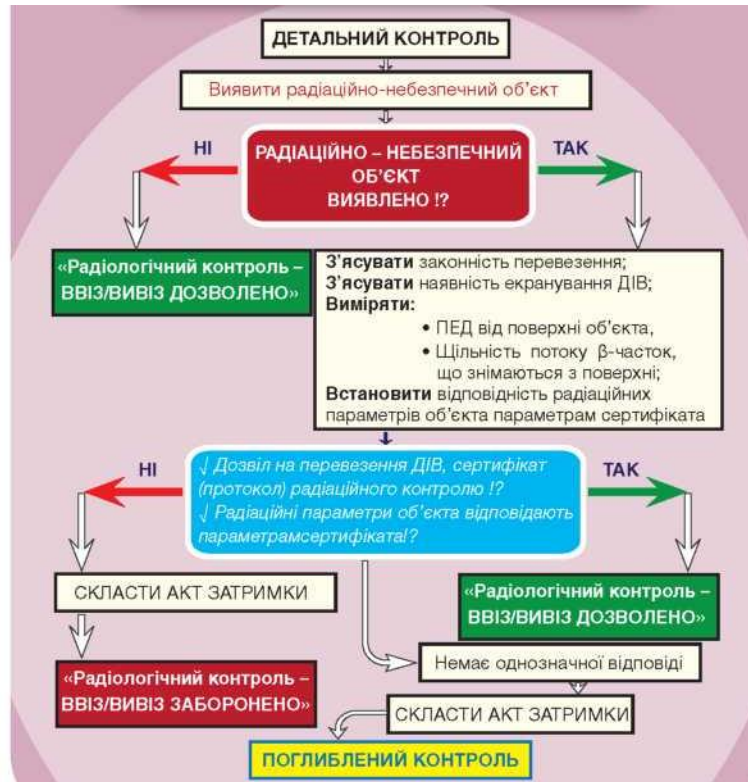


Рис. 4.3. Алгоритм проведення детального контролю РК

- поглиблений контроль затриманих об'єктів за допомогою обладнання пересувної або найближчої стаціонарної лабораторії державної санітарно-епідеміологічної служби;



Рис. 4.4. Алгоритм проведення детального контролю РК

- комплексний контроль та ідентифікація радіаційного забруднення затриманих об'єктів (визначення його кількісного та якісного радіонуклідного складу), які проводяться державною санітарно-епідеміологічною службою.

Експрес-контроль є обов'язковим для всіх об'єктів, підконтрольних службі екологічного контролю, що переміщуються через державний кордон України.

Перелік параметрів, що контролюються, та система контрольних рівнів

Параметри, що контролюються:

- ПЕД - мкР/год (мкЗв/год від підконтрольного об'єкта);
- ПЕД у кабіні водія (якщо перевезення здійснюється автотранспортом);

- щільність потоку бета-частинок з поверхні підконтрольного об'єкта (наявність радіоактивного забруднення).

Система контрольних рівнів:

- ПЕД - мкР/год (мкЗв/год) не повинна перевищувати 50 мкР/год (0,5 мкЗв/год);

- щільність потоку бета-частинок, що знімаються з поверхні підконтрольного об'єкта, не повинна перевищувати 30 бета-частинок/см(2) хв.

Якщо прилади радіаційного експрес-контролю або детального контролю, який здійснюється замість нього, не фіксують перевищення природного радіаційного фону, то проведення контролю за наступними рівнями не є обов'язковим і об'єкт може бути пропущений через державний кордон.

Проведення другого рівня РК здійснюється на спеціально обладнаному окремому майданчику на відстані не менше ніж 50 м від пункту пропуску через державний кордон. Майданчик має бути огорожений і позначений знаками радіаційної небезпеки.

Якщо другий рівень РК не підтвердить наявності радіаційної небезпеки об'єкта, то він повинен бути допущений до митного контролю.

Якщо другий рівень РК підтвердить наявність радіаційно небезпечного об'єкта, то він допускається до митного контролю за таких обов'язкових умов:

- ввезення, вивезення або транзит об'єкта територією України є санкціонованим, що підтверджується відповідними документами, які супроводжують об'єкт;

- транспортування об'єкта здійснюється без порушень Правил ядерної та радіаційної безпеки при перевезенні радіоактивних матеріалів (ПБПРМ-2006).

У разі отримання сигналу від стаціонарної апаратури РК про перевищення природного рівня випромінювання під час контролю пасажирського транспортного засобу, пасажирів повинні пройти по черзі

один за одним через зону дії одного із датчиків апаратури РК. У випадку виявлення конкретної особи, власне випромінювання якої перевищує природний фон, ця особа направляється на проведення огляду в установленому законодавством порядку для проведення РК другого рівня з використанням переносної дозиметричної апаратури для виявлення та вилучення ДІВ.

Залізничний транспорт, судна та літаки підлягають проведенню другого рівня РК. Якщо сигнал детального контролю про перевищення природного рівня випромінювання підтверджується, вони затримуються для подальшої ідентифікації ДІВ і його вилучення в установленому законодавством порядку.

Якщо результати детального РК не дозволяють зробити однозначного висновку про радіаційну безпеку об'єкта або про дотримання Правил ядерної та радіаційної безпеки при перевезенні радіоактивних матеріалів (ПБПРМ-2006) при санкціонованому перевезенні радіаційнонебезпечного об'єкта, то об'єкт затримується на посту екологічного контролю та переводиться на окремий майданчик для проведення третього рівня контролю (поглибленого РК).

За результатами проведення третього рівня РК приймається рішення про можливість переміщення об'єкта через державний кордон згідно з пунктом 3.6. цієї Інструкції.

Держекоінспектор несе відповідальність згідно з чинним законодавством за несвоєчасне виконання процедур радіаційного контролю, необгрунтоване затримання осіб, транспортних засобів, вантажів та іншого майна, що переміщуються через митний кордон.

Порядок РК транспортних засобів і вантажів

РК транспортного засобу.

Проводяться тільки виміри ПЕД. Під час проведення попередніх вимірювань основним завданням держекоінспектора є виявлення на

зовнішній поверхні транспортного засобу ділянок, на яких значення ПЕД перевищує фонові на 30% і більше.

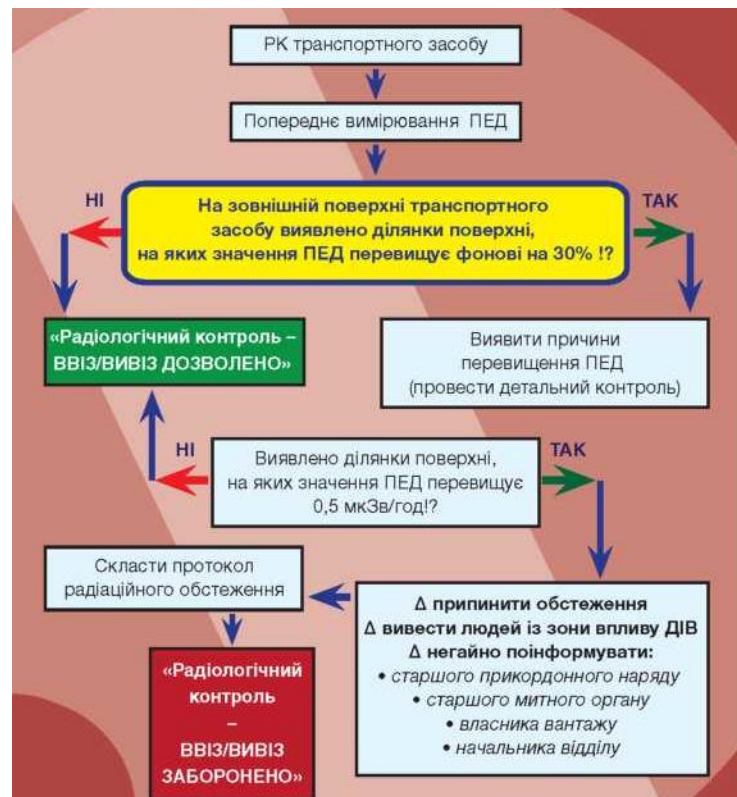


Рис. 4.5. Алгоритм проведення контролю РК транспортного засобу

До початку вимірювань у місцях проведення РК держкоінспектор завчасно проводить вимірювання фону ПЕД від земної поверхні на висоті 1м. Визначивши максимальне значення фону в місці проведення РК, держкоінспектор налаштовує прилад таким чином, щоб при перевищенні фонових значень на 10 мкР/ год спрацьовувала порогова сигналізація. Розташувавши транспортний засіб у попередньо визначеному місці, держкоінспектор здійснює РК. Під час проведення РК держкоінспектор переміщує детектор приладу уздовж контрольованої поверхні зі швидкістю 0,2м/с на відстані 10см від контрольованої поверхні. Швидкість переміщення детектора вибрана з розрахунку, що мінімальний час вимірювання ПЕД становить 2,5с; за цей час детектор приладу зміститься від початкового положення на 0,5м і результати вимірювань можна віднести

саме до цього інтервалу. Сканування поверхні матеріалу держкоінспектор проводить через 0,25м. Таким чином, поверхня матеріалу контролюється по сітці 0,25м на 0,25м, що й забезпечує достовірність результатів вимірювань. Визначивши місця з максимальним значенням ПЕД, держкоінспектор починає вимірювання ПЕД у цих місцях іншим приладом. Результати вимірів заносяться у відповідну графу протоколу радіаційного обстеження (Додаток 1).

У разі виявлення ділянок з перевищенням фонових значень на поверхні транспортного засобу держкоінспектор повинен провести наступний рівень з метою виявлення причин перевищення. При перевищенні ПЕД на поверхні матеріалу держкоінспектор зобов'язаний припинити обстеження, вивести із зони дії іонізуючого випромінювання людей, які за характером виконуваної роботи у ній перебувають, негайно поінформувати старшого прикордонного наряду і митного органу та одночасно повідомити власника вантажу, який перевозить цей транспортний засіб, про припинення обстеження і причини, з яких його припинено, та повідомити начальника служби екологічного контролю держуправління і регіональний відділ державної санітарно-епідеміологічної служби. До прибуття представників органів держсаннагляду - забезпечити відсутність людей у зоні дії іонізуючого випромінювання.

Радіаційний контроль вантажів

Проведення РК вантажів - це:

- перевірка наявності радіаційного сертифіката на вантаж, якщо він надійшов із зони радіаційного забруднення;
- замір ПЕД від вантажу.

Проводиться контроль ПЕД та величини щільності потоку бета-частинок з поверхні матеріалу (вантажів).

До початку вимірювань у місцях проведення РК держкоінспектор завчасно проводить вимірювання фону ПЕД від земної поверхні на висоті 1м. Визначивши максимальне значення фону в місці проведення

держкоінспектор налаштовує прилад таким чином, щоб при перевищенні фонових значень на 10 м/год спрацьовувала порогова сигналізація, а сканування поверхні вантажу проводиться з тією самою швидкістю і тими самими інтервалами між профілями сканування (0,2 м/с, 0,25 м). Закінчивши попередній контроль вантажу, держкоінспектор приступає до виконання контролю потужності еквівалентної дози від поверхні матеріалу за допомогою іншого приладу.



Рис. 4.6. Алгоритм проведення контролю РК вантажів

Результати вимірювань ПЕД гамма-випромінювання вантажів фіксуються в Журналі реєстрації та проведення екологічного контролю підконтрольних вантажів і транспортних засобів, що перетинають державний кордон України (Додаток 2).

Обслуговування та контроль функціонування технічних засобів радіаційного контролю

При експлуатації технічних засобів РК обов'язковими роботами, що регламентуються з відмітками в експлуатаційному журналі, є:

- щоденна перевірка технічного стану стаціонарної та пересувної вимірювальної апаратури методом вимірювання фонових показників випромінювання;

- щотижнева перевірка технічного стану апаратури РК пересувних лабораторій за допомогою стандартних джерел іонізуючого випромінювання;
- щотижнева протипилова профілактика переносних (індивідуальних) дозиметрів відповідно до правил їх експлуатації;
- щомісячна перевірка технічного стану апаратури РК (стаціонарної та переносної) за допомогою стандартних джерел іонізуючого випромінювання;
- щорічна перевірка технічних засобів РК постів екологічного контролю, пересувних лабораторій та центральної стаціонарної лабораторії особами, які мають право на проведення відповідних метрологічних робіт.

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи було проаналізовано та надано практичні рекомендації за темою «Удосконалення методики вимірювання для вимірювання дози опромінення».

В сучасному світі екологічна ситуація не є простою, і особливо це стосується параметрів радіаційного забруднення. Після численних природніх катаклізмів, аварій на АЕС в Україні, Японії, радіонукліди поширились на значні території, через ґрунти та воду потрапили в сільськогосподарські культури, і далі як по ланцюжку. Тому постійний контроль як зовнішнього радіаційного фону, так і продуктів харчування, предметів повсякденного вжитку, екології місця роботи та проживання, вимірювання дози іонізуючого випромінювання є необхідною умовою збереження здоров'я.

Об'єктивними причинами створення методик виконання вимірювань (МВВ) у метрологічній діяльності стали два принципи забезпечення єдності вимірювань, а саме: результати вимірювань повинні виражатись в одиницях фізичних величин Міжнародної системи одиниць і повинна бути відома похибка вимірювань. У зв'язку з цим є актуальною розробка, атестація та застосування МВВ і впровадження їх у практику роботи метрологічних служб. МВВ об'єднують основні компоненти системи забезпечення єдності вимірювань (величини, що вимірюються, одиниці величин, методи вимірювань, метрологічні характеристики засобів вимірювання, форма та вид представлення результатів вимірювань та ін.). На даний час в ГОСТ 8.010-99 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Основные положения» викладені тільки основні етапи розробки та атестації МВВ, але детально кожен етап не розкритий, що приводить до їх різного викладення при розробці та атестації МВВ. Тому в даній роботі розкривається як сама методика виконання вимірювання

випромінення, так і безпосередньо алгоритм роботи інспектора під час виконання радіаційного контролю вантажів та транспортних засобів з метою їх недопущення на територію нашої держави.

ДОДОТОК 1

Протокол № _____
радіаційного обстеження (контролю) вантажу та транспортного засобу

від " ____ " _____ 200__ р.

Вид роботи: визначення потужності експозиційної дози (ПЕД) γ -випромінювання та щільності потоку (ЩП) β -часток.

Виконавець: _____

(назва організації, що проводила виміри, № дозволу і дата видачі)

Транспортний засіб: вид _____, № _____

Вантаж _____

(найменування вантажу, вага)

який транспортується відповідно до контракту № _____ від _____

Власник вантажу _____

(найменування підприємства, посада, прізвище та ініціали керівника)

тел. _____

Адреса проведення РК _____

Виміри проведено приладами _____

(назва, номер, дата державної повірки)

Пломби, печатки та інші знаки, що підтверджують цілісність вантажу – присутні, відсутні (зайве викреслити).

№ виміру	Опис місць та точок вимірів	ПЕД γ - випромінювання		ЩП β -часток		Примітки
		Відстань, м	ПЕД, мкЗв/год.	Відстань, м	ЩП, част./хв.см ²	
1	Фон. знач.	1,0		-	-	
2	Фон. знач.	2,0		-	-	
3	Металобрухт	0,1		0,02		
	Трансп. засіб	0,1		0,02		
		0,1		0,02		
		0,1		0,02		
		0,1		0,02		
		0,1		0,02		

*Відносні похибки визначення: ПЕД γ -випромінювання - \pm _____ % з імовірністю 0,95;

ЩП β -часток \pm _____ % з імовірністю 0,95.

Клас використання:	1 клас	2 клас
ПЕД γ	< 0,26; (30);	< 0,43; (50);
ЩП бета – часток, част./хв.см ²	< 30	< 50
нефіксоване радіоактивне забруднення	Відсутнє	Відсутнє

ВИСНОВОК

ППД γ -випромінювання і рівень β -забруднення транспорту та вантажу не перевищує (перевищує) рівні 1-го (2-го) класу використання згідно ДСЕПІН (зайве викреслити)

Виміри проведено _____

(посада, підпис, прізвище та ініціали)

У присутності власника вантажу _____

(підпис, прізвище та ініціали)

Список використаних джерел

1. Иванов В. И., Курс дозиметрии, 2 изд., М., 1970.
2. Барановська, Н. П. Об'єкт «Укриття»: наукові дослідження останнього десятиліття / Н. П. Барановська // Укр. іст. журн. – 2001. – № 3. – С. 91–104.
3. Радиация - угроза и надежда [Текст] / Ю. Тельдеш, М. Кенда ; ред. Б. А. Трубников. - М. : Мир, 1979. - 415 с. : ил.
4. Радиоактивные загрязнения и их измерение [Текст] : учеб. пособие / М. Т. Максимов, Г. О. Оджагов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Энергоатомиздат, 1989. - 304 с.
5. ГОСТ 8.010-99 “Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Основные положения”;
6. Закон України “Про внесення змін до Закону України “Про метрологію та метрологічну діяльність” № 124-VIII від 15.01.2015 (зі змінами) [Електронний ре- сурс] // Верховна Рада України. – Режим доступу URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1314-18>;
7. О.Л. Ліманська¹ , М.О. Педь¹ , В.С. Яровий¹ , Ю.В. Феріма¹ , М.О. Зінченко¹ , М.В. Борисенко² , О.І. Бондаренко. Методики виконання вимірювань, їх основні етапи розробки та атестації. //Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, 2016, № 4(25);
8. Тимошенко М.М., Мінчук Г.Я. Пам'ятка для інспектора з радіаційного контролю. — К.: КіС ПЛЮС, 2013. — 40 с
9. Коваленко Ю.М., Мірошніченко С.І. Актуальні питання забезпечення радіаційної безпеки в рентгенодіагностиці. //Променева діагностика, променева терапія, 3/2014;
10. Тимошенко М.М., Мінчук Г.Я. Робочий зошит з питань радіаційного контролю. — К.: ВАІТЕ, 2013. — 52 с.