

**Кафедра спеціальної хімії та хімічної технології  
Національного університету цивільного захисту України**

**Є. Д. Слепужніков, М.А. Чиркіна**



**ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ТА РОЗВІДКИ**

*Конспект лекцій*

**ХАРКІВ**

**Кафедра спеціальної хімії та хімічної технології  
Національного університету цивільного захисту України**

**Є. Д. Слепужніков, М.А. Чиркіна**

**ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ТА РОЗВІДКИ**

*Конспект лекцій*

**ХАРКІВ**

Друкується за рішенням засідання  
кафедри спеціальної хімії та хімічної  
технології факультету оперативно-  
рятувальних сил НУЦЗ України  
Протокол № \_\_ від \_\_.\_\_\_\_\_.2020

**Укладач:** Є. Д. Слепужніков, М.А. Чиркіна

**Рецензенти:** доктор технічних наук, доцент М.В. Кустов, заступник начальника кафедри спеціальної хімії та хімічної технології факультету оперативно-рятувальних сил Національного університету цивільного захисту України;  
начальник хіміко-радіологічної лабораторії групи радіаційного, хімічного та біологічного захисту аварійно-рятувальної частини АРЗ СП ГУ ДСНС України в Одеській області Бондарєв І.І.

Технічні засоби контролю та розвідки: конспект лекцій / Укладач: Є. Д. Слепужніков, М.А. Чиркіна. – Х.: НУЦЗУ, 2020. – 161 с.

Конспект лекцій призначений для курсантів та студентів, що навчаються за першим рівнем вищої освіти (бакалавр) в галузі знань 16 «Хімічна та біоінженерія» за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» спеціалізація «Радіаційний та хімічний захист». Видання містить відомості щодо призначення, технічних характеристик, складу та побудови технічних засобів радіаційної (хімічної) розвідки та контролю.

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
Розділ 1. Технічні засоби хімічної розвідки та контролю. Фізичні основи дозиметрії.....	6
Глава 1.1. Фізичні основи визначення отруйних речовин.....	6
Глава 1.2. Засоби проведення хімічної розвідки та хімічного контролю під час ліквідації аварій на хімічно небезпечних об'єктах.....	11
Глава 1.3. Фізичні основи дозиметрії.....	41
Глава 1.4. Основи побудови та вимоги до аналітичних засобів радіаційної розвідки та контролю.....	54
Розділ 2. Технічні засоби радіаційної розвідки та контролю.....	94
Глава 2.1. Технічні засоби радіаційної розвідки та контролю.....	94
Глава 2.2. Основи радіометричного аналізу.....	133
Глава 2.3. Вимір альфа та бета- активності препаратів та розрахунок забрудненості проб та гамма-спектрометричний метод визначення віку продуктів ядерного вибуху.....	142
Глава 2.4 Градування дозиметричної апаратури .....	148
Розділ 3. Експлуатація джерел іонізуючих випромінювань.....	153
Глава 3.1. Особливості зберігання дозиметричної апаратури.....	153
Глава 3.2. Маркування джерел альфа- та бета-випромінювань.....	157
Література.....	160

## ВСТУП

**Метою** викладання навчальної дисципліни «Технічні засоби контролю та розвідки» є формування у майбутніх фахівців необхідного в їхній подальшій професійній діяльності рівня знань та умінь з питань застосування технічних засобів радіаційного, хімічного та біологічного захисту в умовах руйнувань (аварій) радіаційно та хімічно небезпечних об'єктів, а також під час застосування сучасної зброї. Формувати навички, які необхідні для вирішення завдань радіаційної, хімічної розвідки і контролю, виявлення та оцінки радіаційного, хімічного стану з використанням штатних та сучасних технічних засобів радіаційної, хімічної розвідки і контролю в умовах надзвичайних ситуацій радіаційного, хімічного характеру, забезпечення виконання дій за призначенням підрозділів ДСНС України.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Технічні засоби контролю та розвідки» є підготовка фахівців, що здатні вміло застосувати прилади радіаційної, хімічної розвідки та контролю в умовах надзвичайних ситуацій, готувати їх до роботи та перевіряти їх працездатність, здійснювати технічне обслуговування.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен **знати**:

- способи визначення небезпечних хімічних та отруйних речовин;
- методи індикації, які покладені в основу створення технічних засобів хімічної розвідки;
- основні прийоми надійного застосування приладів радіаційної, хімічної розвідки та контролю, їх технічні характеристики;
- принципи створення технічних засобів радіаційної та хімічної розвідки;
- загальну характеристику властивостей іонізуючих випромінювань;
- одиниці вимірювання фізичних величин у галузі іонізуючих випромінювань у різних системах вимірювання;
- методи вимірювання іонізуючих випромінювань;
- призначення, класифікацію, принцип побудови та функціонування приладів радіаційної розвідки та контролю;
- задачі та цілі радіометричного аналізу, основи спектрометричного аналізу;
- методи радіометрії та вимірювання радіоактивного зараження в радіометричній лабораторії;

### **вміти:**

- проводити радіаційну, хімічну розвідку та контроль під час ліквідації радіаційно і хімічно небезпечних аварій;
- проводити вимірювання за допомогою сучасних приладів радіаційної, хімічної розвідки та контролю, газовизначників серії ГХ і УГ та штатних засобів підрозділів ДСНС України;
- розраховувати параметри детекторів іонізуючого випромінювання;

– вимірювати альфа- та бета- активності препаратів та визначати радіоактивну забрудненість проб;

**мати навички:**

– підготовки приладів радіаційної, хімічної розвідки та контролю до роботи і перевірки їх працездатності;

– проведення вимірювань за допомогою приладів радіаційної, хімічної розвідки та контролю;

– технічного обслуговування та підтримки приладів в постійній готовності до використання;

– максимального використання технічних можливостей приладів радіаційної, хімічної розвідки та контролю під час ліквідації наслідків радіаційно та хімічно небезпечних аварій.

# РОЗДІЛ 1. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ХІМІЧНОЇ РОЗВІДКИ ТА КОНТРОЛЮ. ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ДОЗИМЕТРІЇ.

## Глава 1.1. Фізичні основи визначення отруйних речовин.

### *Суб'єктивний та об'єктивний спосіб визначення отруйних речовин.*

В умовах сучасної війни велике значення для завдань розвідки має суб'єктивне сприйняття різних форм і видів застосування хімічної зброї. Для створення повної картини військовослужбовці мають здійснювати хімічну розвідку і спостереження, що може істотно доповнити результати об'єктивних способів даними суб'єктивного сприйняття.

Розрізняють такі суб'єктивні сприйняття: це відчуття подразнення органів дихання, очей і шкіри; відчуття запаху (див. табл. 1.1) або смаку; виявлення характерних відмінностей від нормального стану рослинності, задушливого туману у повітрі або крапель НХР на рослинності й ґрунті під час слабких глухих вибухів снарядів; виявлення уламків чи боєприпасів, які не вибухнули, за маркіруванням яких можна судити про тип НХР (рис. 1.1).

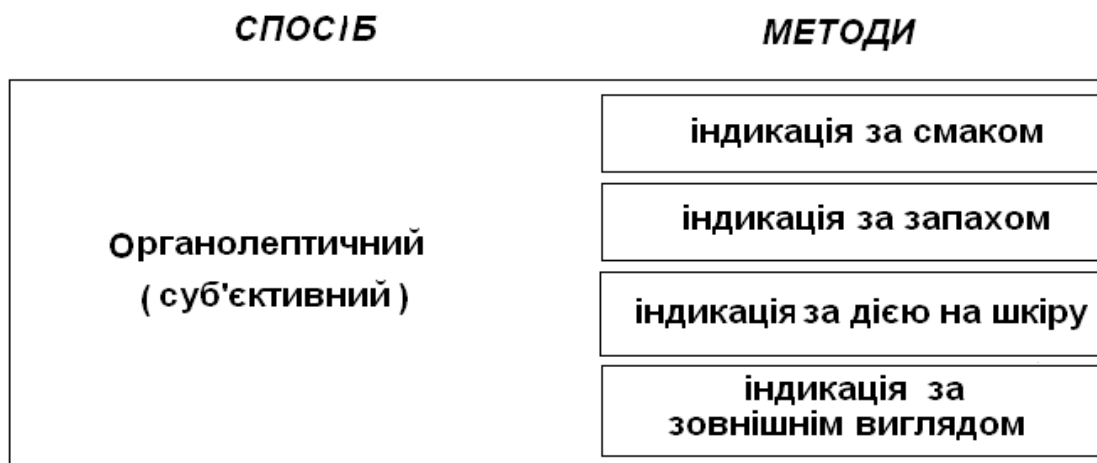


Рис. 1.1. Методи індикації НХР, які використовуються в суб'єктивному способі виявлення

Під час першої і, навіть, другої світових війн велика увага приділялася навчанню хіміків-розвідників визначати НХР за запахом. Для цього попередньо відбиралися люди, які володіли дуже чутливим нюхом ("нюхачі"), що встановлювалося пробою на розчинах оцтової кислоти (0,1 н., 0,2 н., 0,5 н. розчини) або аміаку (0,1 н., 0,15 н., 0,2 н., 0,5 н. розчини).

**Таблиця 1.1**

Концентрації НХР, які визначаються за запахом

НХР	Характерний запах і подразнююча дія	Мінімальні концентрації речовин, що виявляються за запахом, мг/л	Мінімальні небезпечні концентрації при експозиції 10 хв, мг/л
1	2	3	4
Зоман	Ефірний, подібний на камфору	Концентрації, що розпізнаються за запахом, викликають	0,0001 (через 2 хв міоз)
Зарин	Ефірний, слабкий		0,0005

НХР	Характерний запах і подразнююча дія	Мінімальні концентрації речовин, що виявляються за запахом, мг/л	Мінімальні небезпечні концентрації при експозиції 10 хв, мг/л
1	2	3	4
		сильні отруєння	(через 2-3 хв міоз)
Табун чистий	Фруктовий або гірко мигдалю		0,005 (через 2 хв сильний міоз)
Табун технічний	Рибний		
Сірчаний іприт (чистий та технічний)	Свіжої цибулі, хрону, гірчиці або часнику	0,0013	0,001
Азотистий іприт	Риби (за аміном), у великому розчиненні –герані	–	–
Люїзит	Герані, різкий і неприсмний	0,014	0,0008
Етилдихлорарсин	Часнику, різкий подразнюючий	0,001	0,001
Метилдихлорарсин	Часнику, різкий подразнюючий	0,0008	0,002
Дифенілхлорарсин	Фруктовий, подразнюючий верхні дихальні шляхи	0,0003	0,0005
Дифенілціанарсин	Гірко мигдалю, слабкий	0,0003	0,0001
Адамсит	Без запаху	0,0003	0,00038
Хлор-ацетофенон	Фруктовий	0,0002	0,0003
Бромбензилціанід	Гірко мигдалю, слабкий	0,0001	0,00015
Хлорпікрин	Картопляного бадилля, затхлий, ріжучий	0,0073	0,009
Фосген	Гнилих фруктів, гноїння, прілого листя або мокрого сіна, солодкуватий	0,0044	0,005
Синиль-на кислота	Гірко мигдалю	0,001	0,20
Хлорацетон	Подібний на запах соляної кислоти, різкий	0,01	–

В ряді випадків визначення НХР за запахом успішно конкурує з деякими об'єктивними методами визначення. В табл. 1.2 наведені дані про чутливості визначення НХР і шкідливих промислових газів за запахом. Для порівняння приводяться дані про чутливості хімічних методів визначення цих речовин.



Для розвитку підвищеної здатності розрізняти і запам'ятовувати певні запахи, для тренування вибіркової здатності нюху і здатності орієнтуватися на місцевості відібраний персонал піддавався навчання за спеціальною програмою, у тому числі із так званим набором запахів. Для створення набору запахів використовувалися різні часто уживані технічні продукти, які володіли характерними запахами, а також НХР.

Під час навчання керувалися такими основними правилами, що і дотепер мають значення під час визначення запаху токсичних речовин:

1. Не робити глибокого вдиху; легкий вдих повинен обмежуватися ділянкою носа.
2. Нюхати потрібно тільки один раз, під час багаторазового повторення досліду нюх притупляється.
3. Відчувши запах, треба подумати чим він викликаний; пам'ятати
4. На запахи можна розвинути тренуванням.
5. Кожне відчуття запаху або повну відсутність запаху варто зафіксувати.
6. Після кожної проби на запах перед новою пробю потрібно декілька разів вдихнути носом чисте повітря, поки не зникне відчуття попереднього запаху.
7. Не палити під час випробування на запах – паління притупляє нюх.

**Таблиця 1.2**

НХР і промислові гази, які визначаються в повітрі за запахом, та інструментальними методами аналізу

Назва НХР і газів	Кількість НХР, яка визначається за запахом, мг/л	Кількість НХР, яка визначається хімічними методами, мг/л
Хлор	0,0143	0,035
Синильна кислота	0,0011	0,07
Хлорпикрин	0,1	0,7
Іприт	0,00071	0,01 – 0,5
Етилдихлорарсин	0,00084	3,0
Дифенілціанарсин	0,000005	0,5 – 1,0
Двоокис сірки	0,0071	0,1 – 0,5
Хлороформ	0,0003	0,1
Фосген	0,002	0,2

Протигази хіміків-розвідників мали спеціальні клапани, за допомогою яких повітря могло надходити в підмасковий простір, минаючи коробку протигаза. Ці клапани монтувалися між коробкою і лицевою частиною, чи в саму лицеву частину, і відкривалися натисканням на кнопку або за допомогою витяжного кільця. Оскільки у порівнянні з технічними засобами розвідки це пристосування було дуже просте і дуже швидко приводилося в дію, спорядження солдатів об'єктивними засобами виявлення НХР вважалося зайвим і марним.

У зв'язку з появою перед кінцем другої світової війни ФОР, які володіли високою токсичністю під час інгаляції, навчання фахівців розпізнавати НХР за запахом втратило своє первісне значення. Такі речовини, як зоман, зарин і V-

гази, не можна визначати за запахом. Щонайменші їх кількості, які потрапили в органи дихання, уже токсичні.

Першими симптомами, які попереджують про дію цих речовин, є міоз і загрузинний ефект. Тому для виявлення таких НХР використовують лише об'єктивні методи індикації.

Разом з тим, не можна не відзначити, що можливості людського нюху стосовно деяких хімічних сполук надзвичайно великі (табл. 1.2). Так, наприклад, меркаптан відчувається за запахом вже при концентрації  $4,4 \cdot 10^{-5}$  мг/м<sup>3</sup>.

Подібно тому, як під час першої світової війни для індикації використовували суб'єктивне сприйняття людиною певних НХР, з цією ж метою вивчали або використовували високу чутливість органів чуття і фізіологічну реакцію деяких тварин. Надзвичайно високою чутливістю володіє орган нюху собак, який, наприклад, у стані сприймати пари сірчаного іприту в концентраціях нижчих 0,1 мг/л. Вдалося також, використовуючи нюх собак та їх реакцію, навчити їх диференційовано виділяти запахи НХР серед різних інших запахів.

В деяких випадках як хімічні розвідники використовувалися спеціально навчені собаки. Вони не тільки визначали наявність НХР у повітрі, але й встановлювали межі зараження місцевості в умовах, які вельми утруднені для виконання цієї роботи людиною.

Підвищеною чутливістю щодо фосгену володіють кішки. Ще більш чутливі до найменших слідів фосгену кури: взагалі можна стверджувати, що птахи найбільш чутливі до присутніх в атмосфері НХР. Канарки можуть бути використані як живі індикатори присутності у повітрі синильної кислоти і окису вуглецю. Під час першої світової війни в американських військах використовували равликів, які в присутності незначних концентрацій іприту в повітрі виділяли молочний секрет.

Незважаючи на те, що використання тварин для індикації НХР пов'язане з багатьма недоліками, обумовленими або не завжди правильним розумінням відхилень від нормальної поведінки тварин, або труднощами її оцінки, цей метод індикації вивчається і дотепер. Поряд з використанням тварин (мишей) для встановлення токсичності тих чи інших сполук, тварини використовуються також для встановлення факту отруєння продуктів харчування шляхом згодовування їм цих продуктів або ін'єкції екстрактів з них. Деякі породи декоративних риб, які володіють явно вираженою високою чутливістю до ФОР та інсектицидів, використовують для індикації цих отрут у питній воді.

Для виявлення і визначення залишкових кількостей фосфоровмісних інсектицидів у рослинах можуть бути використані мухи, кров'яні п'явки і водяні блохи. Для цього мух поміщують у плоскі прикриті скляні чашки, де вони стикаються з екстрактом, отриманим з випробуваного матеріалу; п'явок поміщають у водяну витяжку. Чутливість цих визначень дуже висока. Оскільки отримані результати залежать від умов, останні повинні суворо витримуватися і фіксуватися.

Цікавим є виявлення токсичних фосфорорганічних сполук на паперових хроматограмах за допомогою контакту личинок комарів з окремими ділянками

розрізаної на рівні частини хроматограми.

В арміях закордонних держав дотепер суб'єктивним способом визначення ОР приділяється велика увага. В армії США, наприклад, весь особовий склад навчається визначенню симптомів ураження НХР, розпізнаванню запахів НХР за допомогою спеціальних навчальних імітаційних засобів. Хоча органи чуття і є вельми чутливими "приладами", розраховувати тільки на їхні показання за наявністю сучасних високотоксичних НХР не видається можливим. Висока токсичність НХР нервово-паралітичної дії викликає необхідність застосування для їхньої індикації об'єктивних способів, а саме – засобів хімічної розвідки.

### **Об'єктивний спосіб визначення отруйних речовин**

Об'єктивний спосіб визначення НХР ґрунтується на показаннях засобів хімічної розвідки. В основу будови великої кількості цих засобів покладено використання спеціальних речовин (хімічних реагентів) – індикаторів. Під час взаємодії НХР з індикатором в засобі здійснюється зміна фізичного або хімічного параметру, яка або фіксується візуально, або чутливими пристроями з видачею світлового та звукового сигналу. Наприклад, під час прокачування повітря через ІТ НХР реагує з розчином, що знаходиться на наповнювачі, і хімік-розвідник спостерігає за зміною кольору наповнювача, порівнюючи з еталоном, робить висновки про наявність НХР та ступінь небезпеки.

З огляду на велику різноманітність сучасних НХР і широкий діапазон їхніх бойових концентрацій (від граничних до летальних), варто визнати, що створення ідеального засобу індикації є вельми утруднене. Звідси випливає доцільність створення індикаторних засобів, кожних з яких вирішує яку-небудь одну чи кілька задач, а усі разом забезпечують повне вирішення основних задач щодо визначення НХР.

Всі індикаторні засоби, які використовуються під час об'єктивного методу визначення НХР, можна умовно розподілити на дві групи:

1. Найпростіші засоби хімічної розвідки, а саме:

- індикаторні порошки;
- індикаторні олівці;
- індикаторні папірці;
- індикаторні трубки;
- індикаторні плівки;

2. Прилади хімічної розвідки.

В основу визначення НХР приладами хімічної розвідки покладено використання найпростіших засобів. Наприклад, ІТ застосовуються в таких приладах як ВПХР, ППХР, ПГО-11. Крім того, ці засоби можуть використовуватися незалежно від приладів, наприклад, ті ж самі ІТ використовуються в польових хімічних лабораторіях. Також прилади не обов'язково можуть використовувати перелічені найпростіші засоби, а й інші індикатори, наприклад, прилад ГСА-13 для визначення НХР використовує спеціальний комплект індикаторних засобів – КИС БМ. В деяких випадках індикація НХР може здійснюватися взагалі без засобів індикаторів, наприклад,

як в приладах ПРХР, ГСА-1.

Застосування перелічених засобів залежить від того, який метод реалізований в цьому засобі (приладі).

## **Глава 1.2. Засоби проведення хімічної розвідки та хімічного контролю під час ліквідації аварій на хімічно небезпечних об'єктах.**

### **Військові засоби хімічної розвідки та контролю**

**Індикаторні олівці** призначені для виявлення парів НХР, які осідають на тверді поверхні місцевості, озброєнні та бойовій техніці.

**Індикаторні олівці являють собою** стержні з пресованими наповнювачами, що просочені спеціальним реагентом. Захищені футляром олівці зберігаються тривалий час.

**Принцип дії** індикаторних олівців ґрунтується на нанесенні штрихування на тверді матеріали: каміння, метали, дерево і папір, які в присутності парів НХР змінюють забарвлення.

#### **Види індикаторних олівців**

**Олівець для індикації синильної кислоти.** Склад: 14 % хлораміну Т й 86 % сульфату барію. Зверху білих штрихів, нанесених цим олівцем, наносять штрихування олівцем на галогенціанати. Цим способом через 1 хв можна виявити HCN, починаючи від концентрацій 0,005 мг/л і ClCN – починаючи від 0,001 мг/л.

**Олівець для індикації фосгену.** Склад: 2 % 4-(п-нітробензил)-піридину, 5 % N-фенілбензиламіну, 5 % Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> і 88 % аморфного нейтрального BaSO<sub>4</sub>. Пари фосгену, починаючи від 0,00003 мг/л, через 1 хв забарвлюють світло-сірі смуги, нанесені цим олівцем, у червоний колір; пари соляної кислоти у випадку вищих концентрацій заважають індикації.

#### **Олівець для індикації нервово-паралітичних ОР.**

**Суміш перша** – 80 %, 4,4'-біс-(діетиламіно)-бензофеноноксину, 10 % BaSO<sub>4</sub>, 10 % NaCN. У присутності пари зарину, при концентраціях менших 1 мг/л, штрихи, нанесені цими олівцями, за 1 хв забарвлюються у кольори від жовтогарячого до червоного.

**Суміш друга** – динатрієва сіль дізонітрозоацетону. Штрихи, нанесені цими олівцями, в присутності незначних кількостей парів зарину забарвлюються у червоно-фіолетовий колір.

#### **Індикаторні папірці та плівки**

**Індикаторні папірці** призначені для індикації рідких НХР на поверхнях, парів НХР у повітрі, розчинів НХР у воді.

Індикаторні папірці входять до складу комплектів військових польових лабораторій ПХЛ-54, ПХЛ-1, АЛ-4М.

**Індикаторні папірці являють собою** фільтрувальний папір (картон), який просочений хімічним реагентом. Папірці зберігаються у футлярах.

**Принцип дії** індикаторних папірців ґрунтується на промоканні підозрілих крапель на поверхнях, захисному одязі тощо або нанесенні крапель досліджуваної речовини, наприклад, у лабораторії під час встановлення типу невідомої

НХР. Для індикації пари НХР або отруйних газів у повітрі існують дві можливості: або папір підвішують, закріплюють, або розміщують у визначених місцях так, щоб він піддавався не примусовій дії збоку отруєної атмосфери, і потім контролюють отримані результати, або отруєну атмосферу за допомогою насосу (гумового балона) примусово просмоктують крізь папір, закріплений у спеціальному тримачі.

У даний час в технічних засобах аналізу НХР (польових хімічних лабораторіях АЛ-4М, ПХЛ-1, а також ПХЛ-54) використовуються наступні індикаторні папірці та плівка:

- БИ-1А та АП-1 – на VX;
- К-7а та КУ-1 – на НХР нервово-паралітичної і шкірно-наривної дії;
- № 570 – на VX та азотистий іприт.

Індикаторна плівка АП-1 являє собою поліетиленову плівку з нанесеним на один її бік індикаторним шаром. Для кріплення індикаторної плівки до різних поверхонь застосовується липка поліетиленова стрічка, що прикріплена до обох кінців індикаторної плівки з боку індикаторної поверхні. Вільна частина липкої стрічки захищена папером-накладкою.

Під час попадання на індикаторну поверхню аерозолів НХР типу V-газів з'являються плями синьо-зеленого кольору.

Щільність зараження визначається шляхом порівняння індикаторного ефекту на плівці від впливу аерозолів НХР типу V-газів з кольоровим еталоном за кількістю і розміром кольорових плям.

**Таблиця 1.3**

**Зміна забарвлення індикаторних папірців від крапельно-рідких НХР**

Назва папірця і його початкове забарвлення	К-7а, світло-фіолетове	КУ-1, від жовтого до зеленого	№ 570, яскраво-жовте	
Забарвлення папірців від крапель НХР	зарин	фіолетове, у разі висихання – слабке знебарвлення	оранжеве	немає
	зоман	темно-синє, у разі висихання на краях синій обідєць, у центрі знебарвлення	оранжеве	немає
	VX	темно-фіолетове	криваво-червоне	червоне
	іприт	темно-фіолетове	криваво-червоне	немає
	люїзит	зелене, у центрі знебарвлення	криваво-червоне (швидко зникає)	немає
	трихлор-триетиламін	темно-фіолетове	повільно утворюється червона пляма	малинове
	суміш іприту з люїзитом	зелена пляма з темно-фіолетовим кільцем	червоне з зеленуватим відтінком	немає
	суміш іприту з трихлортриетиламіном	темно-фіолетове	немає	малинове

**Примітка:** Смолоподібні домішки забарвлюють папірець у чорний або темно-сірий колір, який маскує характерне забарвлення, спричинене НХР.

Проби крапельно-рідких і густих НХР, узяті в пробірки з калюж, осколків від снарядів, які вибухнули, мін і бомб чи з інших поверхонь, піддаються попередньому обстеженню за допомогою індикаторних папірців. Якщо проба досліджуваної крапельно-рідкої речовини достатня (приблизно 0,5-1 мл за об'ємом), то за допомогою капіляра наносять маленькі краплі цієї отруйної речовини на індикаторні папірці і після 3-5 хв спостерігають за забарвленням індикаторного папірця в місці нанесення краплі. Якщо ж речовини мало (3-4 краплі), то одну краплю або мазок отруйної речовини поміщують в маленький порцеляновий тигель, додають туди 2-3 краплі спирту-ректифікату, добре перемішують скляною паличкою, а потім за допомогою тієї ж палички чи скляного капіляра наносять по одній невеликій краплі отриманого розчину на пелюстки індикаторних папірців К-7а, КУ-1 та № 570.

За наявності у випробуваному розчині іприту, трихлор-триетиламіну чи люїзиту на папірцях повинні з'явитися характерні для кожної НХР забарвленні плями (колір їх зазначений у табл. 1.3).

Для відрізнення іприту від трихлортриетиламіну на папірець КУ-1, після виникнення на ньому червоної плями від НХР, нанести одну краплю соляної кислоти, розведеною водою 1:1. За наявності іприту червона пляма зберігається, за наявності трихлортриетиламіну – зникає.

### **Індикаторні трубки**

*Індикаторні трубки (ІТ)* призначені для виявлення НХР, сильнодіючих отруйних речовин в повітрі, на місцевості, на озброєнні і бойовій техніці та визначення ступеня їх небезпеки.

ІТ входять до складу комплектів приладів ВПХР, ППХР, ПГО-11 та військових польових лабораторій ПХЛ-54, ПХЛ-1, АЛ-4М.

*ІТ являють собою* (рис. 1.2): скляні трубки, що запаяні з обох кінців, всередині яких розміщуються наповнювач або наповнювачі, та одна або дві скляних ампули з розчином. Кожна ІТ має маркірування, яке нанесене на верхню частину трубки. Безпосередньо перед використанням їх розкривають шляхом відламування кінчиків, видаленням затворів і прокачують через них досліджуване повітря відповідним насосом. Застосовуються ІТ декількох типів.

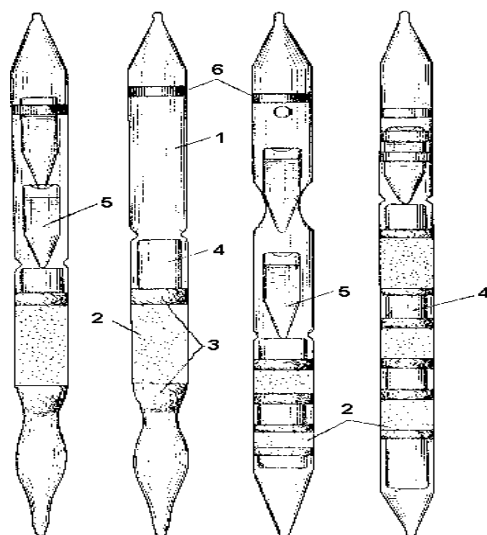


Рис. 1.2. Будова індикаторних трубок: 1 – корпус трубки; 2 – наповнювач; 3 – ватний тампон; 4 – обтікач; 5 – ампули; 6 – маркірування

В одному типі трубок після прокачування отруєного повітря, тобто після поглинання НХР, силікагель витягають із ІТ, перемішують і після розподілу на окремі порції, випробують кожен порцію на певну НХР. Можна також екстрагувати НХР із силікагелю відповідним розчинником. Частини отриманого екстракту використовують для визначення різних НХР. Такі ІТ використовують, головним чином, для відбору проб. В них як сорбент можна застосовувати й активоване вугілля.

В іншому типі ІТ після прокачування зараженого повітря в трубку подають розчин реагенту, який під час взаємодії з групою НХР або специфічно з однією НХР, утворює забарвлений продукт. Значна частина способів виявлення, що полягають в утворенні забарвлених продуктів, може бути використана для здійснення в ІТ.

Є трубки усередині яких розміщені ампули з розчинами реагентів, які після прокачування зараженого повітря розбивають за допомогою відповідних пристосувань чи штирів у насосі, у результаті чого реагент вступає у взаємодію з НХР з утворенням забарвленої сполуки. Одним чи декількома компонентами реагенту може бути просочений і силікагель.

В інших ІТ силікагель просочений реагентом; під час прокачування зараженого повітря і адсорбції мінімально необхідної або достатньої для кольорової реакції кількості НХР відбувається відповідна зміна забарвлення силікагелю. З погляду простоти такі трубки є ідеальними, однак часто через малу стійкість реагентів таке технічне рішення не завжди можливе. У цьому типі трубок застосовують наповнювачі, що не володіють великою адсорбційною здатністю, наприклад, скляний порошок чи дрібнозернисті полімерні матеріали, тому що практично небажано, щоб адсорбція проходила на "внутрішній" поверхні носія. Важливо, щоб кольорова реакція, за якою судять про присутність НХР, проходила на поверхні адсорбенту. Такі трубки придатні для кількісної оцінки вмісту НХР.

ІТ знаходяться в паперових касетах з етикеткою по 10 шт.

**Принцип дії ІТ** полягає у прокачуванні через них досліджуваного повітря та спостереженні за зміною забарвлення наповнювача внаслідок взаємодії реактивів, які знаходяться в трубці, та порівнянні його із забарвленням (текстом) на етикетці.

Найбільш широко ІТ застосовуються для індикації НХР у польових умовах. Вони знаходять також широке застосування під час вивчення гігієни праці, у промисловій токсикології, промислового контролю, токсикологічних дослідженнях і, нарешті, як детектори в газовій хроматографії.

Початком створення перших ІТ послужили дослідження німецьких учених Дрегера і Шретера. У 1934 р. фірмою «Дрегер» (Німеччина) був запропонований прилад під назвою «Газовизначник Дрегер-Шретера» (рис. 1.3), який був спеціально пристосований для визначення присутності на місцевості стійких НХР типу іприт.

Поглинання НХР та її аналіз в цьому газовизначнику здійснювали на силікагелі. За допомогою насоса повітря прокачувалося через маленьку скляну трубку, яка заповнювалося очищеним силікагелем. Для концентрування силікагелем достатньої для реакції кількості речовини (0,03 мг іприту) необхідно було прокачати біля 2 л. повітря.

Для індикації НХР спочатку використовувався нейтральний розчин марганцевокислого калію, що є неспецифічним реактивом на органічні речовини. Шар силікагелю, що забарвлювався марганцевокислим калієм в рожевий колір, утворював за наявності НХР коричневе кільце різної інтенсивності забарвлення. Ця реакція хоча і неспецифічна, але через велику чутливість зручна для використання. Час, який необхідний для повного проведення випробування, – 3-4 хв.

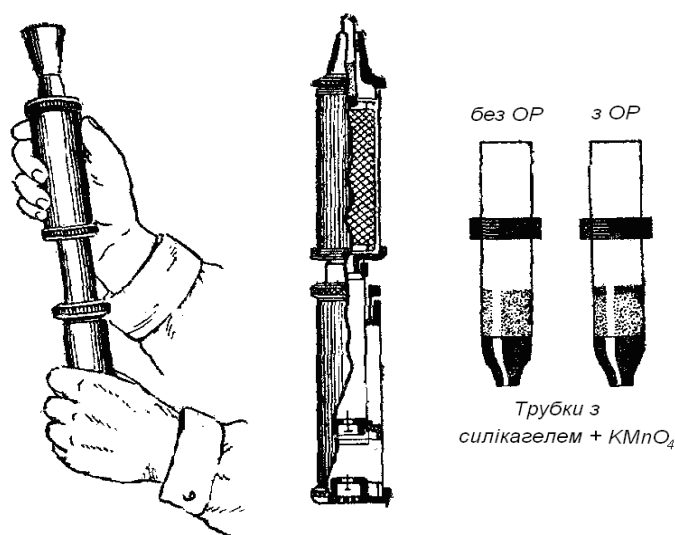


Рис. 1.3. Газовизначник Дрегер-Шретера

Цінність цього газовизначника полягала в тому, що заміна марганцевокислого калію іншими специфічними реактивами не становила ніяких труднощів. Наприклад, змочуючи силікагель мідьбензидацетатним реактивом, можна виявити синільну кислоту.



Подальше удосконалення цього способу газовиявлення, який використовувався у газовизначнику Дрегер-Шретера, призвело до того, що наприкінці 30-х років в ряді армій (СРСР, німецької, американської) на озброєння стали поставлятися ІТ, в яких взаємодія НХР з реактивами здійснювалася на об'ємному сорбенті шляхом прокачування через них досліджуваного повітря (за допомогою, наприклад, в Радянському Союзі – ручного насоса, в США – гумової груші), і спостереження за зміною забарвлення наповнювача в результаті взаємодії реактивів, що знаходяться в трубці з НХР.

Це були трубки з полістиролу, у яких реагенти були частково нанесені на шар носія, а частково знаходилися у ампулах. Для уловлювання газів, що заважають виявленню, трубки були оснащені шарами попереднього очищення, які часто застосовуються і в сучасних ІТ.

Сучасні типи ІТ являють собою подальше удосконалення трубок із силікагелем, запропонованих ще у 1930 році для індикації НХР. Загальним для всіх трубок є наявність наповнювача-сорбенту (в основному білого силікагелю), на яких розвивається кольорова реакція НХР з реагентом.

Кількісне визначення НХР в ІТ можна здійснювати шляхом співставлення отриманого ефекту зі швидкістю потоку прокачаного повітря, наприклад, зіставленням довжини забарвленої зони з об'ємом прокачаного повітря або порівнянням отриманого забарвлення з якимсь забарвленим еталоном. Під час калібрування трубок за повітрям, що містить відому концентрацію НХР, важливо встановити залежність довжини забарвленої зони (або інтенсивності забарвлення) від швидкості повітряного потоку. Або, інакше кажучи, отриманий ефект залежить від часу контакту випробуваного газу із реагентом, що у свою чергу є функцією швидкості потоку і швидкості взаємодії НХР з реагентом. Крім того, на показання ІТ впливають процеси адсорбції і дифузії. Швидкість потоку виміряти дуже важко. Середня його величина може бути розрахована за даними вимірів пористості шару носія (співвідношення порожнеч між зернами до загального об'єму шару) та інтенсивності потоку, пропорційного його швидкості. Так, для трубки з внутрішнім діаметром 5,2 мм і пористістю носія 0,12 (розмір часток 0,3 мм) за інтенсивності потоку 2 л/хв була отримана швидкість потоку, яка дорівнює 7 м/с. Це відповідає часу контакту від  $10^{-4}$  до  $10^{-5}$  с у шарі наповнювача, рівного за висотою середньому діаметру часток.

Індикаторні трубки, які в даний час знаходяться на постачанні Збройних Сил України наведені, в табл. 1.4.

**Таблиця 1.4**

Основні типи індикаторних трубок

№ з/п	Тип ІТ	Маркірування ІТ	Визначувана НХР
1	2	3	4
1.	ІТ-44	червоне кільце з червоною крапкою	ФОР (GB, GD, VX)
2.	ІТ-51	червоне кільце з двома червоними крапками	
3.	ІТ-36	жовте кільце	іприт

4.	ИТ-13-37	два жовтих кільця	трихлортриетиламін (азотистий іприт)
		три жовтих кільця	люїзит
5.	ИТ-45	три зелених кільця	синильна кислота, хлорціан, фосген і дифосген
6.	ИТ-15-30	біле кільце	хлорацетофенон
		два білих кільця	адамсит
7.	ИТ-46	коричнєве кільце	BZ
8.	ИТ-48	одне біле кільце з білою крапкою	CR
9.	ИТ-47	три білих кільця	CS
10.	ИТ-49	два білих кільця з крапкою	CS
11.	ИТ-24	два чорних кільця	миш'яковистий водень
12.	ИТ-28	три чорних кільця	оксид вуглецю
13.	ИТ-Г1	одне сине кільце і синя крапка	гептил
14.	ИТ-2Т	два синіх кільця	азотна кислота
15.	ИТ-С2	два синіх кільця з крапкою	самін

### **Військовий прилад хімічної розвідки ВПХР**

**Призначення.** Військовий прилад хімічної розвідки ВПХР призначений для визначення наявності та оцінки ступеня небезпеки зараження ОР в повітрі, на місцевості, на бойовій техніці, в пробах ґрунту (снігу) та сипких матеріалів за допомогою індикаторних трубок.

Визначення НХР проводиться з метою ідентифікації типу НХР (нервово-паралітичні, шкірно-наривні тощо), а оцінка ступеня небезпеки – з метою прийняття рішення стосовно застосування засобів захисту.

Прилад знаходиться на озброєнні відділень радіаційної, хімічної, біологічної розвідки військ РХБ захисту, а також позаштатних відділень, призначених для ведення РХБ розвідки і спостереження у роті (батареї), управління батальйону (дивізіону) родів військ і спеціальних військ.

У похідному положенні прилад носять на лівому боці і закріплюють тасьмою навколо пояса (рис. 1.4). Під час роботи прилад пересувають уперед (рис. 1.5).



Рис. 1.4. Прилад ВПХР у «похідному» положенні



Рис. 1.5. Робоче положення приладу ВПХР під час визначення НХР у повітрі

**Принцип дії.** Визначення НХР засноване на прокачуванні ручним насосом досліджуваного повітря через попередньо підготовлену індикаторну трубку. За наявності НХР забарвлення наповнювача в ІТ змінюється. Довжина забарвленого шару і інтенсивність його забарвлення залежать від концентрації НХР.

#### **Склад комплекту приладу ВПХР**

До комплекту приладу входить (рис. 1.6): основа корпусу з кришкою, ручний насос (2), паперові касети з індикаторними трубками (3), протидимні фільтри ПДФ – 10 шт (4), насадка до насоса (5), захисні ковпачки – 8 шт (6), ліхтар (7), грілка з пробійником (штир) (8), лопатка (9), патрони до грілки – 10 шт (10), ремінь з тасьмою (11), експлуатаційна документація (паспорт, технічний опис, пам'ятка) (12).

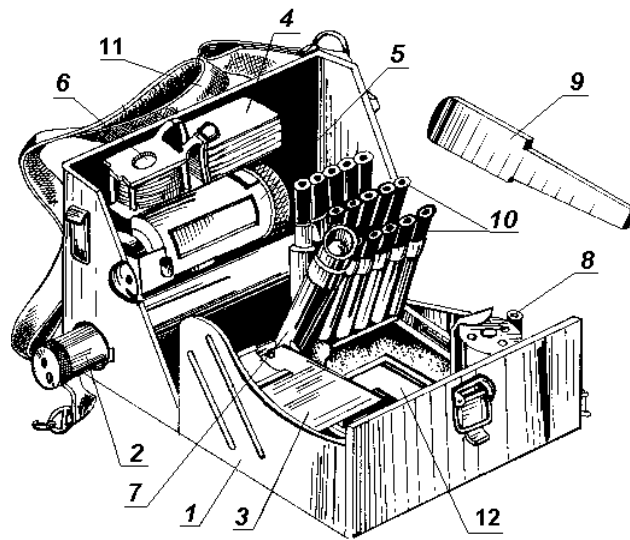


Рис. 1.6. Комплект приладу ВПХР:

1 – кришка; 2 – ручний насос; 3 – паперові касети з індикаторними трубками; 4 – протидимні фільтри ПДФ; 5 – насадка до насоса; 6 – захисні ковпачки; 7 – ліхтар; 8 – грілка з пробійником; 9 – лопатка; 10 – патрони до грілки; 11 – ремінь з тасьмою; 12 – експлуатаційна документація (паспорт, технічний опис, інструкція з експлуатації, пам’ятка з використання ВПХР)

Вага приладу 1,8-2,3 кг (в залежності від матеріалу насадки, насоса та корпусу). Він забезпечує визначення НХР в умовах помірного та холодного клімату при температурах від  $40 \pm 4$  °С до мінус  $40 \pm 4$  °С і відносної вологості повітря до 100 %.

### Будова і робота складових частин приладу ВПХР

**Насос ручний поршневий** призначений для прокачування досліджуваного повітря через ІТ. Під час здійснення 50-60 прокачувань за хвилину насосом через ІТ проходить 1,8-2 л. повітря.

Насос складається з головки, циліндра, штока, рукоятки штока (рис. 1.7, 1.8). У голівці насоса розміщені: ніж для надрізу кінців ІТ, гніздо для установки ІТ. На торці головки є два глухих отвори для обламування кінців ІТ.

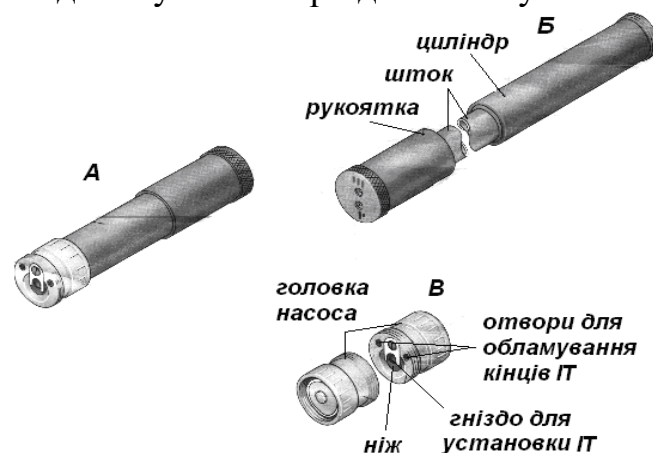


Рис. 1.7. Насос ручний приладу ВПХР:

А – загальний вигляд; Б – без головки; В – головка насоса

В рукоятці штока розміщений ампулорозкривач (рис. 1.8). Він призначений для розбивання скляних ампул, які містяться в ІТ, і фіксується у рукоятці штока за допомогою виступів у визначеному положенні.

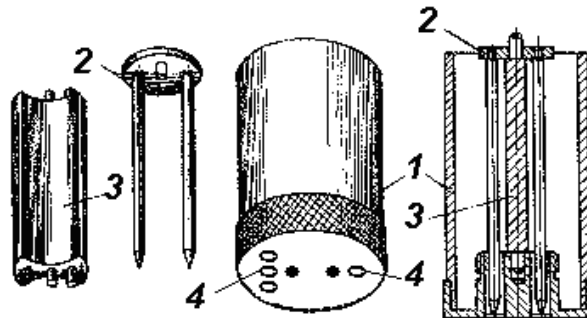


Рис. 1.8. Рукоятка ручного насоса:

1 – ручка насоса; 2 – штир ампулорозкривача; 3 – вкладиш; 4 – маркірування штирів ампулорозкривача

На торці рукоятки нанесене маркірування штирів ампулорозкривача:  
 – три зелених смуги – для розкриття ІТ-45 (три зелених кільця);  
 – червона смуга з крапкою – для розкриття ІТ-44 (одне червоне кільце і крапка).

**Паперова касета** (рис. 1.9) призначена для розміщення 10 індикаторних трубок з однаковим маркіруванням. На лицевій частині касети наведено забарвлення, що виникає на наповнювачі ІТ під час прокачування зараженого НХР повітря через ІТ, та стислий опис порядку роботи з ІТ.

Під час роботи з ІТ можна визначити ступень небезпеки НХР у повітрі шляхом порівняння забарвлення, яке виникло на наповнювачі ІТ, із забарвленням, зображеним на етикетці паперової касети.

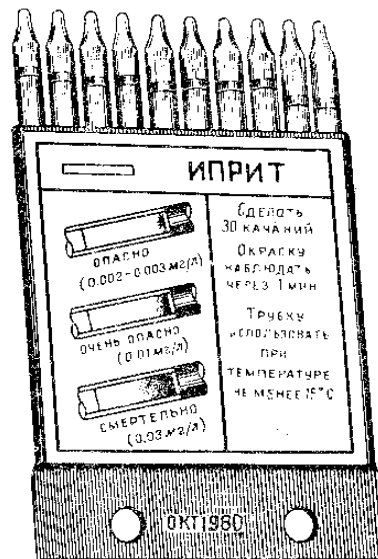


Рис. 1.9. Паперова касета з індикаторними трубками ІТ-36

Знизу касети вказана марка підприємства-виробника, а також дата закінчення терміну придатності ІТ, що знаходяться в касеті. Касета закрита

паперовим чохлам з маркіруванням, яке відповідає маркіруванню ІТ.

**Індикаторні трубки** призначені для визначення НХР та оцінки ступеня їх небезпеки і являють собою скляні трубки, в які поміщено наповнювач і одна-дві скляних ампули з реактивами (крім ІТ-36 – ампули відсутні).

До комплекту приладу ВПХР входить:

- 20 індикаторних трубок ІТ-44 (одне червоне кільце і крапка) – для виявлення ФОР;
- 10 індикаторних трубок ІТ-45 (три зелених кільця) – для виявлення фосгену, дифосгену, синильної кислоти, хлорціану;
- 10 індикаторних трубок ІТ-36 (одне жовте кільце) – для виявлення іприту.

Додаткові дані про ІТ – див. розділ 1.

У випадку заміни ІТ-44 на ІТ-51 замість 20 шт ІТ-44 прилад ВПХР комплектується 10 шт ІТ-51.

**Протидимні фільтри ПДФ** використовуються для визначення НХР у диму або у повітрі, яке містить пари речовин кислого характеру, а також під час визначення НХР у пробах ґрунту або сипких матеріалів. Фільтри складаються з одного шару фільтрувального матеріалу і декількох шарів капронової тканини. В комплект приладу ВПХР входить 10 шт ПДФ.

**Насадка** призначена для роботи з приладом ВПХР в диму, під час визначення НХР на місцевості, озброєнні, бойовій техніці, обмундируванні й інших предметах, а також під час визначення НХР у пробах ґрунту і сипких матеріалів. Вона дозволяє збільшувати кількість парів НХР, що проходять через ІТ.

Насадка складається (рис. 1.10) з корпусу, лійки, скляного циліндра, гайки, притискного кільця і заціпки. Герметизація циліндра з лійкою і насосом в корпусі насадки забезпечується двома гумовими прокладками.

По різьбі основи лійки вільно рухається спеціальна гайка з закріпленням на ній відкидним притискним кільцем. Для фіксації притискного кільця в необхідному положенні є заціпка.

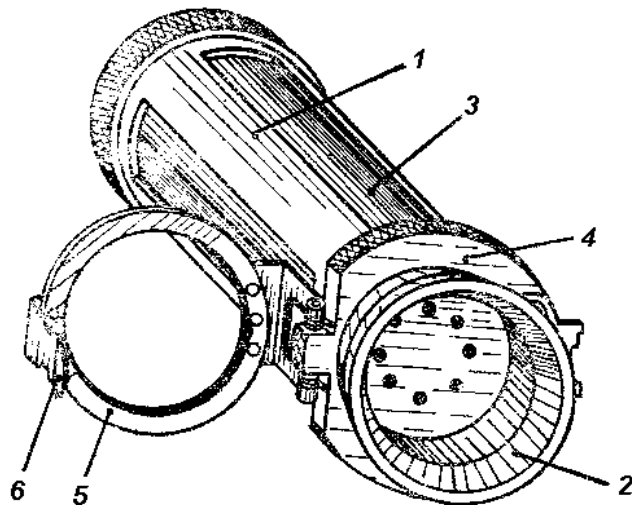


Рис. 1.10. Насадка приладу ВПХР

1 – корпус; 2 – лійка; 3 – скляний циліндр; 4 – гайка; 5 – притискне кільце; 6 – заціпка

**Захисні ковпачки** (рис. 1.11) призначені для запобігання попадання на внутрішню поверхню лійки насадки крапельно-рідких НХР і для розміщення в них проб ґрунту, сипких матеріалів.

**Ліхтар** призначений для забезпечення спостереження за зміною забарвлення ІТ у нічний час.

Він складається з корпусу, головки та елемента, який встановлений у спеціальну обойму.

Ліхтар вмикається під час повороту головки за годинниковою стрілкою. У разі повороту проти годинникової стрілки ліхтар вимикається.

Для роботи з ІТ в нічний час ліхтар необхідно вивести з пружини, що закріплює його до кришки приладу, та встановити під деяким кутом до кришки, при цьому використовувати пружину як опору для ліхтаря.



Рис. 1.11. Одягання захисного ковпачка в насадці приладу ВПХР

**Грілка з патронами** призначена для підігріву ІТ під час виявлення НХР при температурі навколишнього середовища від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+15^{\circ}\text{C}$ .

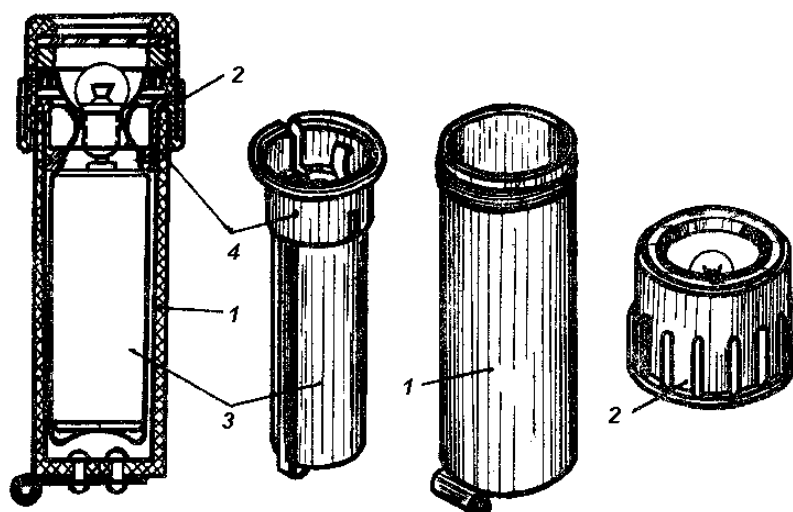


Рис. 1.12. Ліхтар приладу ВПХР:  
1 – корпус; 2 – головка; 3 – елемент; 4 – обойма

Грілка (рис. 1.13) являє собою пластмасовий корпус із кришкою, що

угвинчується. В середині корпусу грілки встановлений сердечник. Зовні грілка має два виступи, в отворах яких розміщений штир.

Патрон грілки (рис. 1.14) складається з металевої гільзи, ампули з розчином сірчаної кислоти і пластмасового ковпачка. На дно гільзи насипаний порошок магнію, закритий зверху паперовою прокладкою з фільтрувального паперу. Між ампулою і дном ковпачка розташовані тампони з гігроскопічної вати. Пластмасовий ковпачок має центральний отвір, закритий у невикористаних патронів плівкою. Під час використання в отвір вводиться штир для розбивання ампули з розчином. В комплект приладу ВПХР може входити 10-15 патронів.

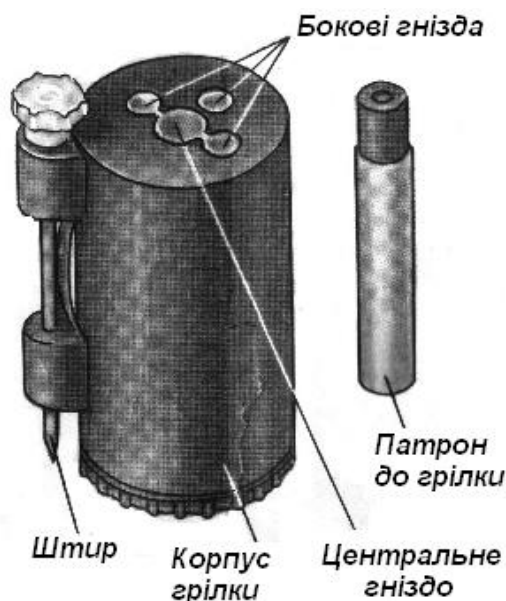


Рис. 1.13. Загальний вигляд грілки з патроном

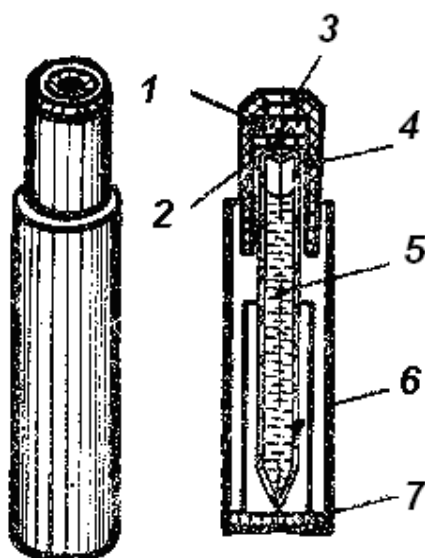


Рис. 1.14. Патрон:

1 – ватний тампон; 2 – металева сітка; 3 – отвір; 4 – ковпачок; 5 – ампула з сірчаною кислотою; 6 – гільза; 7 – порошок магнію

В залежності від температури навколишнього повітря грілка з патронами



забезпечує підігрів до наступних температур:

– при температурі навколишнього повітря – 40<sup>0</sup>С: впродовж перших 3 хв з моменту розбивання ампули патрона температура в грілці досягає 85<sup>0</sup>С, через 7 хв спадає до температури не нижче 20<sup>0</sup>С;

– при температурі навколишнього повітря – 20<sup>0</sup>С: впродовж 3 хв з моменту розбивання ампули патрона температура в грілці досягає 85<sup>0</sup>С, через 7 хв – не нижче 20<sup>0</sup>С; впродовж 15-20 хв температура зберігається до 15-20<sup>0</sup>С.

**УВАГА!** При температурі вище +15<sup>0</sup>С, через можливий викид сірчаної кислоти і розрив патрона, використовувати грілку заборонено.

**Лопатка** призначена для відбору проб ґрунту та сипких матеріалів. Знаходиться ззовні на основі корпусу приладу.

З внутрішнього боку заціпки корпусу наноситься номер партії та приладу.

### **Сучасні приладі хімічної розвідки та контролю**

#### **Універсальний газоаналізатор УГ-2**

**Призначення.** Універсальний газоаналізатор УГ-2 призначений для визначення наявності та концентрації (табл. 1.5) небезпечних хімічних речовин (НХР) у повітрі за допомогою індикаторних трубок.

Прилад знаходиться на оснащенні підрозділів ДСНС.

**Принцип дії.** Визначення НХР ґрунтується на зміні забарвлення шару індикаторного порошку в трубці після прокачування через неї досліджуваного повітря повітрозабірним пристроєм.

Довжина забарвленого стовпчика індикаторного порошку в трубці пропорційна концентрації аналізованого газу в повітрі та вимірюється за шкалою, що відградуєвана в мг/м<sup>3</sup>.

**До складу комплекту** приладу УГ-2 входить (рис. 1.15): повітрозабірний пристрій (1), комплект індикаторних засобів, експлуатаційна документація. До комплекту індикаторних засобів входять: індикаторні трубки (3), вимірювальні шкали (2), ампули з індикаторними порошками (4), приладдя – 1 набір (5).

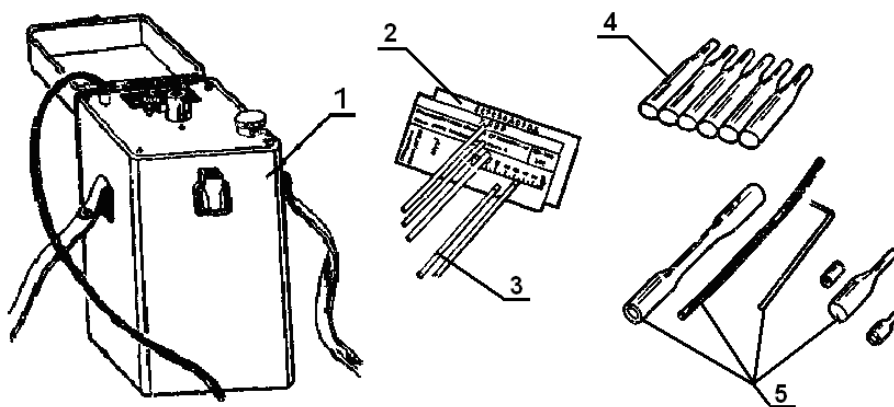


Рис. 1.15. Універсальний газоаналізатор УГ-2:

1 – повітрозабірний пристрій; 2 – вимірювальні шкали; 3 – індикаторні трубки;  
4 – ампули з індикаторними порошками; 5 – приладдя

## Порядок визначення концентрації хлору за допомогою газоаналізатора УГ-2

Відвести стопор і вставити шток до направляючої втулки. Натиском руки стиснути сильфон, фіксуючи його у такому стані.

ІТ на хлор звільнити від запобіжних ковпачків та з'єднати з гумовою трубкою. Під час проходження повітря, що містить хлор, через ІТ наповнювач ІТ змінює свій колір з жовтого на червоний.

Концентрацію аналізованого газу визначається за шкалою на ІТ.

Таблиця 1.5

НХР, що визначаються газоаналізатором УГ-2

№ з/п	НХР	Об'єм аналізованого повітря, мл	Концентрація визначуваної НХР, мг/м <sup>3</sup>	Тривалість аналізу, хв	Основні реагенти індикаторного порошку
1	2	3	4	5	6
1	Аміак	250	0 - 30	4	Бромфеноловий синій
2	Ацетилен	30	0 - 300	2	Бромфеноловий синій
		265	0 - 1400	5	Йодид калію, сірчана кислота
3	Ацетон	60	0 - 6000	3	Йодид калію, сірчана кислота
		300	0 - 2000	7	Гідроксиамін хлорид, бромфеноловий синій
4	Бензин	300	0 - 1000	7	Йодид калію, сірчана кислота
		60	0 - 5000	4	Йодид калію, сірчана кислота
5	Бензол	350	0 - 200	7	Йодид калію, сірчана кислота
		100	0 - 1000	4	Йодид калію, сірчана кислота
6	Діоксид сірки	300	0 - 30	5	Йодид калію, крохмаль, йод, йодид ртуті
		60	0 - 200	3	Йодид калію, крохмаль, йод, йодид ртуті
7	Діоксид вуглецю	400	0 - 15000	8	Гідразингідрат, фуксин
		100	0 - 80000	4	Гідразингідрат, фуксин
8	Дихлоретан	1200 (3×400)	0 - 100	14	Йодид кадмію, крохмаль
9	Діетиловий ефір	400	0 - 3000	10	Хромовий ангідрид, сірчана кислота
10	Ксилол	300	0 - 500	4	Параформальдегід, сірчана кислота
		120	0 - 2000	3	Параформальдегід, сірчана кислота
11	Метиловий спирт	400	0 - 500	6	Хромовий ангідрид, сірчана кислота
12	Озон	800 (2×400)	0 - 1	12	Індигокармін
		400	0 - 2,5	6	Індигокармін
13	Оксиди азоту	325	0 - 50	7	о-Діанізидин
		150	0 - 200	5	о-Діанізидин
14	Оксид вуглецю	220	0 - 120	8	Йодид калію, сірчана кислота
		60	0 - 400	5	Йодид калію, сірчана кислота
15	Сірководень	300	0 - 30	5	Ацетат свинцю, хлорид барію
		30	0 - 300	2	Ацетат свинцю, хлорид барію

16	Скипидар	400	0 - 2000	8	Хромовий ангідрид, сірчана кислота
		150	0 - 4000	4	Хромовий ангідрид, сірчана кислота
17	Тетрахлорид вуглецю	800 (2×400)	0 - 100	14	Йодид кадмію, крохмаль
18	Толуол	300	0 - 500	7	Йодид калію, сірчана кислота
		100	0 - 2000	4	Йодид калію, сірчана кислота
19	Трихлоретилен	220	0 - 80	5	Йодид кадмію, крохмаль
		400	0 - 30	7	Йодид кадмію, крохмаль
20	Вуглеводи нафти	300	0 - 1000	7	Йодид кадмію, крохмаль
21	Хлор	350	0 - 15	7	Флуоресцеїн, бромід калію
		100	0 - 80	4	Флуоресцеїн, бромід калію
22	Хлористий водень	400	0 - 30	6	Флуоресцеїн
		150	0 - 100	3	Флуоресцеїн
23	Хлороформ	800 (2×400)	0 - 100	14	Йодид кадмію, крохмаль
24	Етиловий спирт	300	0 - 4000	6	Триоксид хрому, сірчана кислота

### Газовимірювальний насос Dräger Accuro

Газовимірювальний насос Dräger Accuro (рис. 1.16) це сильфонний насос, в якому зразок повітря прокачується через газовимірювальну трубку Dräger при стисненні/відпусканні сильфона. Корпус насоса складається з сильфонів, які повністю притискаються один до одного для вимірювання. Коли сильфони відпускаються, повітря автоматично прокачується, і зразок вимірюваного газу втягується через використовувану трубку.



Рис. 1.16. Газовимірювальний насос Dräger Accuro

Процес відбору проби закінчується, коли корпус насоса повністю відкривається до стандартного вихідного положення. На кінець качка вказує

керований тиском індикатор на корпусі насоса Dräger assuro; показується також кількість виконаних качків.

Склад та будова:

- вскривач трубок з керамічним різакром; кришка пластини; гніздо; гумові міха; нижня пластина насосу; кнопка скидання лічильника (качків); лічильник качків; індикатор кінця качка (мембрана); кріпильний гвинт нижньої пластини; отвір для відламування кінця трубки; отвір петлі для перенесення; петля для перенесення з карабіном.

Підготовка газовимірювального насосу Dräger Assuro до роботи:

Перевірка герметичності насосу:

- вставте не розкрити трубку Dräger в гніздо; повністю стисніть і відпустіть насос.

Насос має належну герметичність, якщо індикатор "кінець качка" не з'являється протягом 3-5 хвилин.

Вийміть трубку з гнізда та натисніть (глибоко) кнопку, щоб скинути лічильник до нуля. Кнопка заглиблена, щоб запобігти випадковому скиданню показників лічильника.

Виберіть газовимірювальну трубку Dräger, необхідну для вимірювання. Розкрийте трубку Dräger за допомогою пристрою для відкривання трубок, або:

- вставте кінець трубки в отвір нижньої пластини насосу.

Притисніть до керамічного ребра і обертайте, на склі утвориться подряпина:

- нахиляйте трубку, поки кінець трубки не відламається;
- відламаний кінець трубки викинути;
- аналогічно розкрийте інший кінець трубки, або:
- поверніть насос так, щоб пластина з петлею для перенесення опинилася внизу;
- нахиляйте трубку, поки кінець трубки не відламається;
- вставте трубку (відкриту з обох кінців) в насос. Стрілка повинна вказувати до насосу!

Перевірте необхідне число качків за інструкцією до вимірювальної трубки Dräger. Візьміть насос великим і вказівним пальцями так, щоб індикатор кінця качка і лічильник качків перебували перед користувачем. Стисніть насос до упору. Відпустіть насос, щоб міха повністю розширилася. Коли з'явиться індикатор кінця качка, знову повністю стисніть насос. Повторюйте, поки число на лічильнику качків не буде відповідати значенню, зазначеному в інструкціях по використанню. Відразу ж слідом за цим оцініть довжину і характер забарвлення трубки. Для порівняння забарвлення використовуйте не розкрити трубку Dräger. Вийміть використану трубку з гнізда. Прокачайте насос кількома качками на чистому повітрі.

**Мультигазові детектори Dräger X-am 5000, Dräger X-am 5600**

Dräger X-am 5000 (5600) – портативний газовимірювальний прилад для безперервного контролю концентрації декількох газів в навколишньому повітрі на робочому місці і у вибухо-небезпечних зонах, в атмосфері яких може з'являтися рудничний газ (рис. 1.17). Незалежне вимірювання концентрації до п'яти газів відповідно з встановленими сенсорами Dräger Sensor.



Рис. 1.17. Мультигазові детектори Dräger X-am 5000, 5600

Прилад призначений для експлуатації у вибухо-небезпечних областях або на гірничих підприємствах, для роботи в температурному діапазоні від -20 °С до +50 °С.

На гірничих підприємствах дозволяється експлуатація приладу лише в областях з низькою небезпекою механічного впливу.

Склад та будова:

- отвір надходження газу; сигнальний світло діод; звуковий сигнальний пристрій; кнопка [ОК]; блок живлення; кнопка [+]; дисплей; ІК інтерфейс; зажим для кріплення; паспортна табличка; зарядні контакти; індикація вимірюваного газу; індикація вимірюваного значення; спеціальні символи.

Підготовка мультигазового детектору Dräger X-am 5000 (5600) до роботи:

Включення приладу:

- натисніть та утримуйте кнопку [OK] приблизно 3 секунди, поки на дисплеї не пройдуть цифри » 3 . 2 . 1 «.
- швидко загораються всі елементи дисплея; для перевірки працездатності по черзі включаються сигнальні світлодіоди, звуковий сигнальний пристрій і вібросигнал.
- буде показано номер версії програмного забезпечення.
- виконується самотестування приладу.
- на дисплеї по черзі виводяться пороги тривоги A1 і A2, а також (TWA і (STEL) для всіх токсичних газів (наприклад H<sub>2</sub>S або CO). (Тільки коли активовано в конфігурації приладу.).
- при розгоні сенсорів відповідний результат вимірювання на дисплеї блимає, і показаний спеціальний символ (!) (для попередження). При розгоні сенсорів тривоги не активуються.

Вимкнення приладу:

- одночасно натисніть і утримуйте кнопку [OK] і [ + ], поки на дисплеї не пройдуть цифри » 3 . 2 . 1 «.
- в ході виключення буде подано короткий звуковий, світловий і вібросигнал.

### **Фотоіонізаційний детектор Dräger X-am 7000**

Dräger X-am 7000 – фотоіонізаційний детектор для безперервного контролю концентрації декількох газів в навколишньому повітрі на робочому місці і у вибухо-небезпечних зонах, в атмосфері яких може з'являтися рудничний газ (рис. 1.18). Незалежне вимірювання концентрації до п'яти газів відповідно з встановленими сенсорами Dräger Sensor.




Рис. 1.18. Фотоіонізаційний детектор Dräger X-am 7000

Прилад призначений для експлуатації у вибухо-небезпечних областях або на гірничих підприємствах, для роботи в температурному діапазоні від

-20 °C до +50 °C.

На гірничих підприємствах дозволяється експлуатація приладу лише в областях з низькою небезпекою механічного впливу.

Склад та будова:



- отвір надходження газу; сигнальний світло діод; звуковий сигнальний пристрій; кнопка [ОК]; блок живлення; кнопки  ; дисплей; ІК інтерфейс; зажим для кріплення; паспортна табличка; зарядні контакти; індикація вимірюваного газу; індикація вимірюваного значення; спеціальні символи.

Підготовка мультигазового детектору Dräger X-am 7000 до роботи:

Включення приладу:

- натисніть та утримуйте кнопку [ОК] приблизно 3 секунди, поки на дисплеї не пройдуть цифри » 3 . 2 . 1«.
- швидко загоряться всі елементи дисплея; для перевірки працездатності по черзі включаються сигнальні світлодіоди, звуковий сигнальний пристрій і вібросигнал.
- буде показано номер версії програмного забезпечення.
- виконується самотестування приладу.
- на дисплей по черзі виводяться пороги тривог A1 і A2, а також (TWA і (STEL) для всіх токсичних газів (наприклад H<sub>2</sub>S або CO). (Тільки коли активовано в конфігурації приладу.).
- при розгоні сенсорів відповідний результат вимірювання на дисплеї блимає, і показаний спеціальний символ (!) (для попередження). При розгоні сенсорів тривоги не активуються.

Вимкнення приладу:

- одночасно натисніть і утримуйте кнопку  та  , поки на дисплеї не пройдуть цифри » 3 . 2 . 1 «.
- в ході виключення буде подано короткий звуковий, світловий і вібросигнал.

### Газоаналізатор Дозор-С-М

Сигналізатор-аналізатор газів багатокомпонентний ДОЗОР – С – М, який призначений:

а) для автоматичного періодичного вимірювання концентрацій компонентів газової суміші (далі по тексту – компонентів) у повітрі приміщень і на відкритих просторах. Перелік контрольованих компонентів наведено в таблиці 1;

б) подачі світлової та звукової сигналізації при досягненні встановлених значень концентрації газів, зазначених у табл. 1.б;

в) збереження (архівування) результатів вимірювань з фіксуванням часу і дати вимірювання, а також для перегляду архіву на персональному комп'ютері за допомогою USB-адаптера. Прилад ДОЗОР – С – М може застосовуватися для контролю загазованості повітря виробничих об'єктів.

Таблиця 1.6

Компоненти, що контролюються приладом ДОЗОР – С – М і межі спрацювання сигналізації.

Найменування Компонент газової суміші	Межа 1	Межа 2	Межа 3
Амоніак NH <sub>3</sub>	20 мг/м <sup>3</sup>	60 мг/м <sup>3</sup>	500 мг/м <sup>3</sup>
Горючі гази й пари C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	10 % НКМПП*	20 % НКМПП*	–
Оксид вуглецю CO	20 мг/м <sup>3</sup>	50 мг/м <sup>3</sup>	100 мг/м <sup>3</sup>
Сірководень H <sub>2</sub> S	10 мг/м <sup>3</sup>	30 мг/м <sup>3</sup>	–
*Примітка: НКМПП – нижня концентраційна межа поширення полум'я			

Межі допустимої основної похибки вимірювання:

- для горючих газів і пари  $\delta \pm 1$  % НКМП;
- для інших  $\delta \pm 2,5$  %.

Зовнішній вигляд, органи керування, індикації та сигналізації приладу ДОЗОР – С – М наведені на рисунку 1.

#### Призначення кнопок керування (рис. 1.19).

Кнопка 6 "ЖИВЛЕННЯ" призначена для вмикання та вимикання живлення сигналізатора (натискання та утримання протягом двох секунд), а також для виходу з меню на робочу сторінку (короткочасне натискання).

Кнопка 7 "РЕГЛАМЕНТ" виконує кілька функцій і використовується при регламентному обслуговуванні сигналізатора. За допомогою цієї кнопки сигналізатор можна перевести з режиму "РОБОЧИЙ СТАН" в один із службових режимів: «НАСТРОЙКА НУЛЯ»; «НАСТРОЙКА ПОСИЛЕННЯ»; «НАСТРОЙКА МЕЖ»; «НАСТРОЙКА ПГС»; «НАСТРОЙКА ДАТИ ТА ЧАСУ».



Рис. 1.19. Зовнішній вигляд приладу ДОЗОР – С – М та органи керування, індикації і сигналізації



1 – світловий індикатор вмикання граничних пристроїв; 2, 9 – кнопки налаштування «Вгору», «Вниз»; 3 – кнопка вмикання/вимикання підсвічування; 4 – кнопка «Вибір»; 5 – кнопка вмикання/вимикання вбудованого мікронасоса; 6 – кнопка вмикання/вимикання живлення; 7 – багатофункціональна кнопка «Регламент»; 8 – інфрачервоний порт; 10 – вікно звукової сигналізації; 11 – цифровий дисплей

Перемикання режимів проводиться «по кільцю» короткочасним натисканням (менше 2 с) кнопки 7 "РЕГЛАМЕНТ".

Тривале натискання (більше 4 с, до появи одиночного світлозвукового сигналу і символу Д на дисплеї) виконує функцію запису змінених параметрів при регламентному обслуговуванні.

Кнопки 2 "ВГОРУ" та 9 "ВНИЗ" призначені для збільшення або зменшення параметра, відносно якого проводиться налаштування, коли сигналізатор знаходиться в одному зі службових режимів. Після зміни параметра, що налаштовується, на дисплеї з'являється символ М.

Короткочасне натискання кнопки 2 "ВГОРУ" в режимі "РОБОЧИЙ СТАН" відображує на цифровому дисплеї версію програми і версію схеми датчиків.

Короткочасне натискання кнопки 9 "ВНИЗ" у режимі "РОБОЧИЙ СТАН" відображує на цифровому дисплеї версію програми і версію схеми блока вимірювань і сигналізації, напругу акумуляторної батареї, дату і час.

Кнопка 3 "ПІДСВІЧУВАННЯ" (короткочасне натискання) призначена для вмикання або вимикання підсвічування дисплея.

Кнопка 5 "НАСОС" призначена для вмикання або вимикання вбудованого насоса.

**УВАГА!** Всі вимірювання концентрацій газів виконуються тільки при ввімкненому насосі.

Кнопка 4 "ВИБІР" призначена для запису/перегляду поточних показань в архів у режимі "РОБОЧИЙ СТАН" і для вибору вимірювального каналу, що налаштовується, у режимі "РЕГЛАМЕНТ".

Сигналізатор автоматично переходить у режим "РОБОЧИЙ СТАН", якщо протягом двох хвилин не проводилися натискання кнопок керування.

### **Принцип дії газоаналізатора ДОЗОР – С – М.**

Принцип дії сигналізатора полягає в обробці електричних сигналів, що надходять від чутливих елементів.

Для вимірювання концентрації горючих газів і пари застосовуються вибухозахищені вимірювальні перетворювачі з термокаталітичними чутливими елементами.

Чутливий елемент містить у собі вимірювальний і компенсаційний елементи, поміщені під вибухонепроникну оболонку, і являють собою спіралі з платинового мікродроту, закріпленого на тримачах. Вимірювальний елемент додатково покритий каталітичним складом.

Кількісний вміст горючої речовини в повітрі визначається шляхом безполум'яного спалювання цієї речовини на поверхні каталітично активного робочого елемента при температурі 400 °С.

Тепло, що виділяється при згорянні речовини, підвищує температуру вимірювального елемента. Пропорційно температурі змінюється опір вимірювального елемента, ввімкненого в плече вимірювального моста. У друге плече моста ввімкнено компенсаційний елемент, однаковий за конструкцією з вимірювальним, але який не має каталітичних властивостей.

Наявність горючої речовини в повітрі викликає різний нагрів робочого і порівняльного елементів, що призводить до неоднакової зміни опорів цих елементів і порушення балансу мостової схеми.

Для вимірювання концентрації амоніаку, диоксиду азоту, диоксиду сірки, кисню, оксиду азоту, оксиду вуглецю, сірководню та хлору застосовуються вибухозахищені вимірювальні перетворювачі з електрохімічним чутливим елементом.

Чутливий елемент вимірювального перетворювача є трьохелектродним електрохімічним осередком, який перетворює газ, що міститься в повітрі, у безперервний електричний сигнал.

Сила струму, що генерується вимірювальним перетворювачем, прямо пропорційна концентрації газу.

#### **Порядок виконання роботи.**

1 Перед початком вимірювань під'єднати трубку газозабірною зонда до приладу.

2 Перевірити і за необхідності зарядити акумуляторну батарею. Для цього ввімкнути живлення приладу тривалим натисканням (більше 2 с) кнопки 6. При зарядженій акумуляторній батареї видається повідомлення «ПУСК» на дисплеї 11 і виконується прогрівання. У цей час прилад автоматично тестує режими роботи. При цьому вмикається світлова 1 й звукова 10 сигналізації. По закінченню тесту прилад готовий до роботи.

Якщо акумулятор розряджений до напруги менше 3,5 В, на дисплеї 11 з'явиться повідомлення «АККУМУЛЯТОР РОЗРЯДЖЕНО», і робота з приладом заблокується з метою захисту акумуляторної батареї від повного розрядження. У цьому випадку для подальшої роботи необхідно зарядити акумуляторну батарею.

3 Ввімкнути кнопку 5 для приведення в дію насоса.

Увага! При ввімкненому насосі виконати вимірювання концентрації речовин неможливо!

4 Внести газозабірний зонд до середовища, у якому необхідно виконати аналіз вмісту заданих речовин.

5 Замір виконувати до того моменту, поки показання на дисплеї 11 не стабілізуються. Після цього їх зафіксувати та занести в протокол за формою, наведеною нижче.

## Протокол 1

Газ або пара	Фактична концентрація	Нормативний показник
Амоніак NH <sub>3</sub>		
Горючі гази й пари C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>		
Оксид вуглецю CO		
Сірководень H <sub>2</sub> S		

6 Після завершення досліджень винести прилад у незагазоване середовище і забезпечити роботу насоса для зниження показника концентрації досліджуваного газу до 0.

7 Вимкнути насос натисканням кнопки 5 та живлення приладу тривалим натисканням кнопки 6.

### ДОДАТОК (довідковий)

**Таблиця 1.7**

Гранично-допустимі концентрації шкідливих газів і пари в повітрі робочої зони виробничих приміщень за ГОСТ 12.1.005-88

Речовина	ГДК, мг/м <sup>3</sup>
Амоніак	20
Ацетон	200
Бензин-розчинник (у перерахунку на карбон)	300
Бензин – паливний (сланцевий, крекінг тощо)	100
Бензол	5
Ксилол	50
Газ освітлювальний (у перерахунку на карбон)	300
Сірководень	10
Сірчастий ангідрид	10
Толуол	50
Оксид вуглецю	20
Оксиди азоту (у перерахунку на N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	5
Уайт-спірит (у перерахунку на карбон)	300
Хлор	1
Етиловий етер	300

## Межі вибуховості пари і газів (НКМПП)

Вид газу або пари	Межа вибуховості НКМПП, %	
	нижня	верхня
Метан	2,5	16,0
Етен	3,0	32,0
Бензин	0,8	5,1
Водень	4,0	75,0
Пропан	2,37	9,5
Етиловий спирт	3,3	18,4
Бутан	12,5	74,5
Ацетилен	2,0	81,0
Бензол	1,4	7,1
Толуол	1,3	6,7

## Детектор JCAD – M4A1

## СКОРОЧЕННЯ НОМЕНКЛАТУРИ І ПОВНА НАЗВА

Common Name/Abbreviation Загальна назва / Скорочення	Official Name/Definition Повна назва / визначення
<b>CA</b>	Communications Adapter/комунікаційний адаптер
<b>CBRN</b>	Chemical, Biological, Radiological, Nuclear/хімічна, біологічна, радіологічна, ядерна
<b>CCSI</b>	Common CBRN Sensor Interface/загальний інтерфейс датчика CBRN
<b>CWA</b>	Chemical Warfare Agent/Хімічна небезпека
<b>Electrical Connector Cover</b> /Кришка електричного роз'єму	Cap, Electrical (Rubber Boot)/кришка, електричний, (гумові чоботи)
<b>G</b>	Nerve Agent/речовина нервово-паралітичної дії
<b>H</b>	Blister Agent/речовина шкірно-наривної дії
<b>IAW</b>	In accordance with/у відповідності з
<b>JCAD</b>	Detector, Chemical Agent, Automatic: M4A1 JCAD/детектор хімічних речовин автоматичний: M4A1 JCAD
<b>Latch</b>	Lock, Detector/блокування, детектування
<b>LED</b>	Light Emitting Diode/світло випромінюючий діод

<b>PIK</b>	Platform Interface Kit/інтерфейс платформи
<b>PMCS</b>	Preventive Maintenance Checks and Services/профілактичні перевірки та обслуговування
<b>PPE</b>	Personal Protective Equipment/засоби індивідуального захисту
<b>Protective Cap</b>	Cap-Plug, Protective/захисний ковпачок-пробка
<b>Rain Cap</b>	Cap, Protective, Dust and Moisture/захисний ковпачок від пилу та вологи
<b>TB</b>	Technical Bulletin/технічна інструкція
<b>TCC</b>	Threshold Confidence Checker/перевірка порогу достовірності
<b>TIC</b>	Toxic Industrial Chemical/токсична, промислова, хімічна

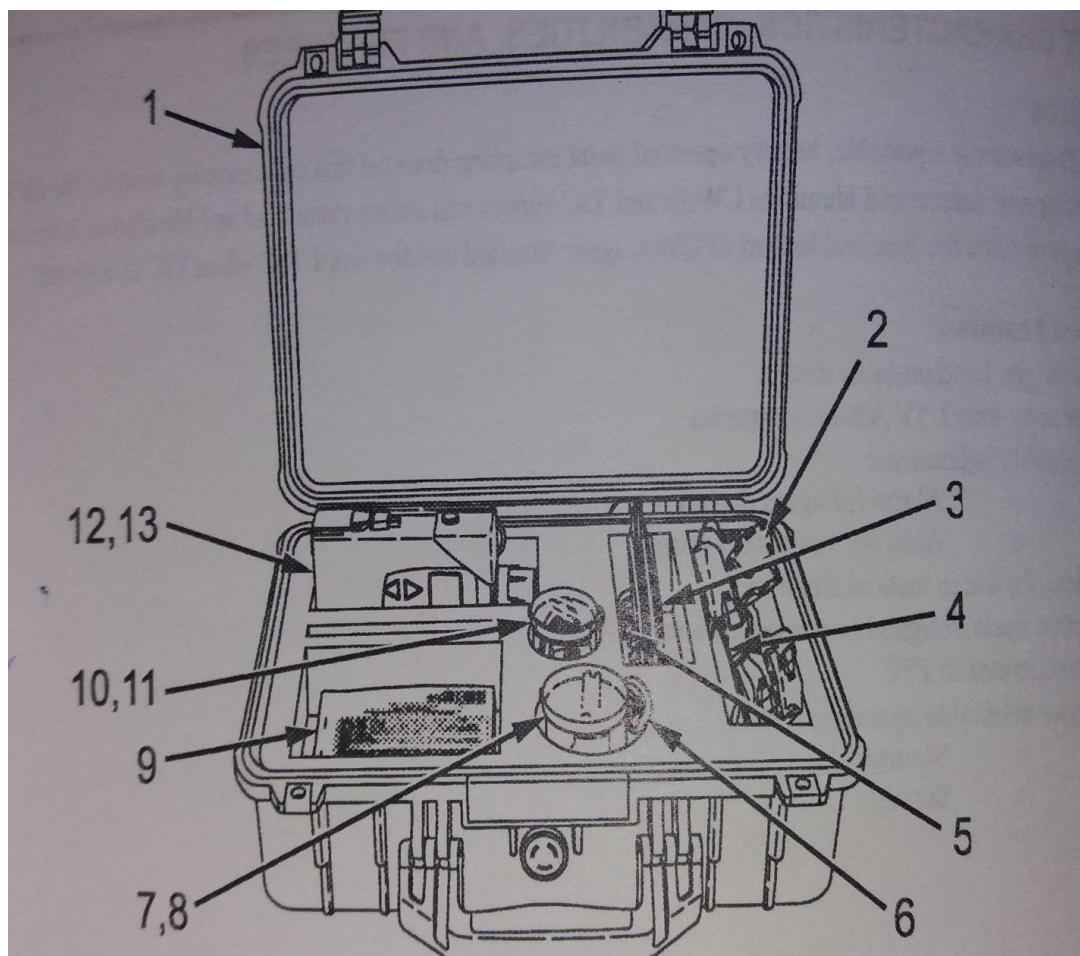


Рис. 1.20. M4A1 JCAD – основні компоненти

**1. Кейс для транспортування.** Використовується для зберігання і транспортування M4A1 і його компонентів, аксесуарів і вихідних матеріалів.

**2. Ремінь для перенесення.** Використовується для носіння на плечі детектора. У кишенях ременя можна зберігати навушники, насадку, запасні батарейки в касеті і зразок (тест) для перевірки детектора.

**3. Збірка ситової упаковки.** У вакуумній упаковці містяться всі предмети необхідні для заміни ситового пакету (картриджу). Змінний картридж, чистяча тканина та сумка для повторного закриття використаного ситового пакету.

**4. Подовжувач насадки.** Одноразові подовжувачі до насадки; дозволяють проводити відбір проб поблизу, запобігаючи забрудненню сопла. Подовжувач насадки потрібно використовувати, коли встановлено насадку.

**5. Касета для акумуляторів.** Запасна касета для акумуляторів дозволяє швидко замінити елементи живлення приладу. Зберігається в транзитному футлярі або в ремені для перенесення.

**6. Навушник.** Подає звукові сигнали тривоги та попередження про несправності лише для оператора. Під час встановлення навушника звуковий сигнал (зовнішній) відключається. Можна носити на будь-якому вусі. Зберігається в кейсі для транспортування під форсункою або ремені для перенесення.

**7. Контейнер для зберігання насадок.** Пластиковий контейнер, що використовується для зберігання насадки. Зберігається в кейсі для транспортування або в перев'язці.

**8. Насадка.** Замінює захисний ковпачок від пилу та вологи та покращує продуктивність при використанні для перевірки конкретних ділянок або поверхонь, таких як вантаж, обладнання, одяг тощо. Зберігається в контейнері для зберігання насадок, коли не використовується.

**9. Місце для зберігання.** Місце для зберігання ТМ 3-6665-456-10 та комунікаційного адаптерного набору (САК), елемент, дозволено використовувати з M4A1 JCAD. Див. WP 0013 щодо опису обладнання САК.

**10. Калібрувальний (дослідний) зразок з деревним вугіллям.** Використовується для запобігання забруднення навколишніх зон імітуючим агентом, що є в зразку. (Зберігається з калібрувальним зразком).

**11. Ємність для калібрувального (дослідного) зразку.** Пластиковий контейнер, який використовується для зберігання калібрувального зразка та мішка з деревним вугіллям, коли система знаходиться в кейсі для транспортування.

**12. Чохол для переноски детектора.** Забезпечує захист детектора від зовнішнього впливу. Чохол може бути прикріплений до ременя для роботи без допомоги рук. Відсік на дні сумки можна використовувати для зберігання калібрувального зразку з деревним вугіллям.

**13. Прилад (детектор).** Прилад (детектор) JCAD. Він виявляє та ідентифікує CWA та виявляє TIC, потім видає візуальні та звукові сигнали тривоги.

## ОБСЛУГОВУВАННЯ ОПЕРАТОРОМ ТА МЕТОДИКА ДІЙ

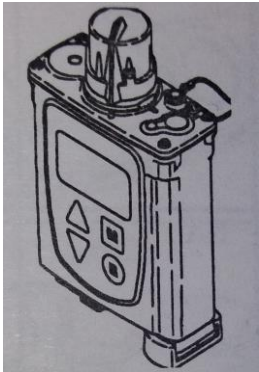
М4А1 JCAD - це портативний, акумуляторний точковий детектор, який відбирає повітря в безпосередній близькості від захисного ковпачка від пилу та вологи (або насадки) на наявність нервових, шкірноаривних, небезпечних хімічних, токсичних, промислових хімічних речовин. Як і у будь-якій точковій системі виявлення, умови проби повітря в безпосередній близькості від детектора можуть бути зовсім різними, і зміна напрямку вітру може швидко принести небезпечний рівень парів агента в попередньо безпечну зону.

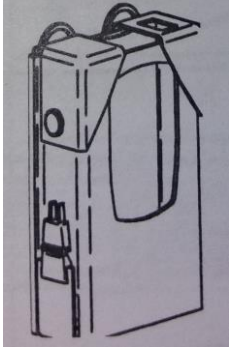
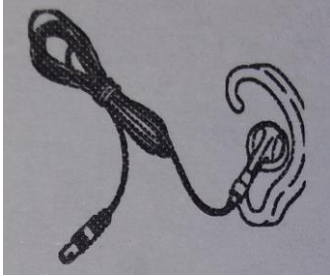
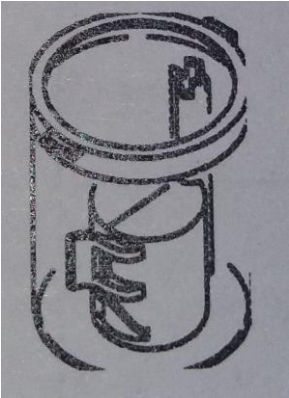
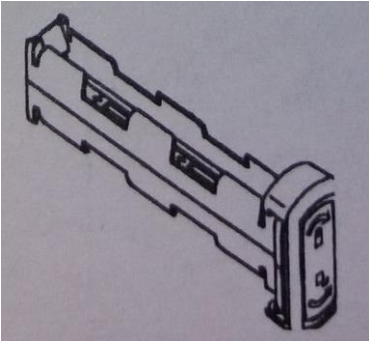
Детектор має два режими виявлення, обрані користувачем: монітору та обстеження (зберігається при відключенні).

У режимі монітора М4А1 JCAD забезпечує візуальну та звукову сигналізацію. Цей сигнал вказує на ідентифікацію речовини та небезпеку випарів CWA та TIC. Сигналізація виникає, коли небезпека парів перевищує встановлені пороги тривоги. Перебуваючи в цьому режимі, М4А1 JCAD відбирає середовище кожні 5 секунд.

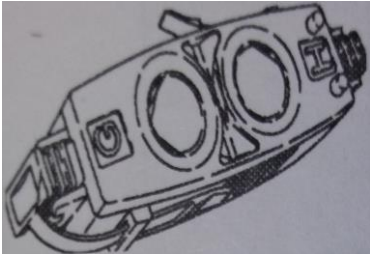
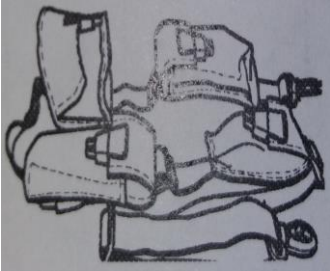
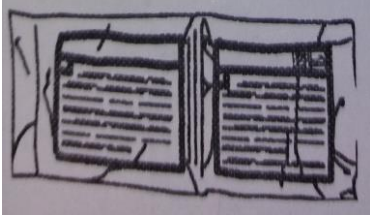
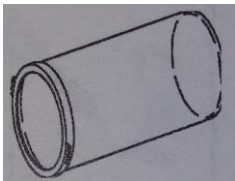
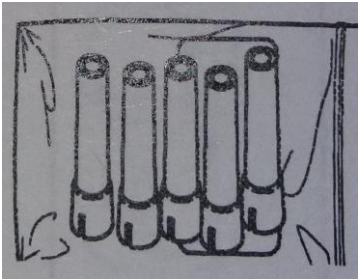
У режимі обстеження JCAD М4А1 відбирає середовище (виконує цикл) кожні 1 секунду і може бути використаний для швидкої перевірки конкретних ділянок вантажу, обладнання, персоналу чи споруд на предмет забруднення CWA. При виявленні парів CWA М4А1 JCAD забезпечує змінені (скорочені) візуальні та звукові сигнали тривоги та візуальну індикацію типу речовини та рівень її небезпеки. У режимі обстеження захисний ковпачок від пилу та вологи детектора замінюють насадкою для повторного використання та подовжувачем насадки. TIC не виявляються в режимі обстеження.

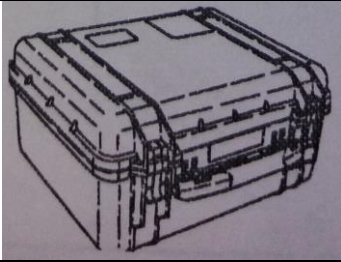
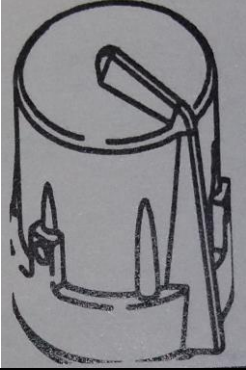
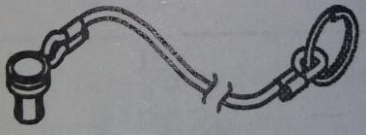

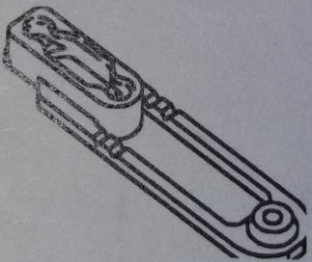
### Комплектність приладу

Порядковий номер	Національний код та рисунок	Назва та серійний номер	USA-BLE ON CODE	U/I	Кількість
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
1	6665-01-586-1128 	Прилад (детектор) М4А1) PRF EA-D10005 (81361)	NA	EA	1

2	6665-01-587-0530 	Чохол для переноски детектора 5-15-32587 (81361)	NA	EA	1
3	5965-01-555-6124 	Наушник 5-15-32025 (81361)	NA	EA	1
4	6665-01-555-9346 	Контейнер для зберігання насадок 5-15-32022 (81361)	NA	EA	1
5	6160-01-586-8287 	Касета для акумуляторів 5-15-32583 (81361) ПРИМІТКА Одна додаткова касета для акумуляторів передбачена як запасна.	NA	EA	2



6	6665-01-555-6126 	Калібрувальний (дослідний) зразок 5-15-32021 (81361)	NA	EA	1
7	5340-01-555-6125 	Ремінь для перенесення 5-15-32026 (81361)	NA	EA	1
8	6665-01-555-6120 	Змінні картриджі в вакуумній упаковці) 5-15-32023 (81361) ПРИМІТКА Один додатковий кар- тридж пропонується як запасний.	NA	EA	2
9	6665-01-556-0597 	Ємність для калібру- вального (дослідного) зразку 5-15-32034 (81361)	NA	EA	1
10	6665-01-555-0682 	Пакет з насадками (верхня частина) 5-15-32035 (81361)	NA	EA	1
11	(No NSN assigned)	Кейс для транспор- тування (NPN) (81361)	NA	EA	1

					
12	5340-01-555-0681 	Захисний ковпачок від пилу та вологи 5-15-32028 (81361)	NA	EA	1
13	5340-01-555-6123 	Пробка захисна (захисна кришка роз'єму для навушників) 5-15-32030 (81361)	NA	EA	1
14	5340-01-555-0683 	Захисна кришка (кришка доступу до картриджу) 5-15-32039 (81361)	NA	EA	1
15	5340-01-586-8288 	Захисна кришка (кришка доступу до порту) 5-15-32585 (81361)	NA	EA	1

### Детектор ChemPro100i

ChemPro 100i являє собою портативний детектор газів і парів, який здатний виявити і класифікувати бойові отруйні речовини (БОР) і токсичні промислові сполуки (ТПС) в польових умовах (рис. 1.21).

ChemPro100i можна використовувати щодня в «повсякденному» роботі з небезпечними хімічними речовинами, і на малопоширених випадках БОР. Точкові детектора зазвичай беруть проби з «кульки» з радіусом близько 10 см від його вхідного патрубку.

ТОЧКОВИЙ Детектор буде «бачити» тільки умови навколишнього середовища, дії якої він піддається. Він не схожий на радіаційний детектор, який задає напрямом. Відображення графіка і звукова інформація дозволяє визначати області з високою концентрацією.

Його можна використовувати як інструмент обстеження швидкого відображення концентрації речовин. Здатність ChemPro100i виключно «внюхувати» робить його незамінним при процедурах знезараження.

Бібліотека БОВ охоплює найбільш поширені речовини нервово паралітичного дії, речовини шкірно нарівного дії, отруйні речовини загальноотруйної дії і отруйні речовини задушливої дії.

Поріг сигналу тривоги для G речовин 0,04 мг м<sup>3</sup>. Бібліотеки ТПС охоплюють більше 25 найбільш поширених ТПС і ЛОС. Ефективність виявлення охоплює більшість хімікатів зі списку БОВ підвищеної небезпеки.

Хімічна бібліотека може бути обрана для використання навіть під час проведення завдання, і також можуть бути завантажені нові бібліотеки!



Рис. 1.21. Детектор ChemPro 100i

1 – ChemPro100i, 2 – адаптер змінного струму, 3 – чохол для перенесення, 4 – набір резервних фільтрів, 5 – запасний акумулятор або батарейний блок, 6 – контролер, 7 – контейнер для перевірки сенсора,

8 – транспортувальний кейс, 9 – стисла інструкція з експлуатації,  
10 – технічний опис щодо роботи з детектором.

### Технічні характеристики детектору ChemPro100i

Детектор для виявлення бойових отруйних речовин (БОВ) і токсичних промислових сполук (ТПС).

Розмір: 24 x 10 x 5.5 см.

Вага: 880 г. з акумулятором.

Швидкий запуск: від 1 до 3 хв.

Призначений для суворих військових стандартів -30 до +55°C  
Ударостійкий корпус з композитного матеріалу пройшов випробування на вібростійкість і падіння з висоти (MIL STD 810E).

Чинить опір піщаних бурь і тим самим не запалює атмосферу н гексан (MIL STD 810F).

Високостійкий до електромагнітних і радіоперешкод, не виробляє електромагнітні перешкоди (MIL STD 461E).

Водонепроникний, (IP67) коли закрито впускний отвір.

### Будова детектору ChemPro100i (рис. 1.22).



Рис. 1.22. Будова детектору ChemPro100i.

1 – індикатор світловий, 2 – кришка, 3 – дисплей з підсвічуванням екрану, 4 – зажим для кріплення до поясного ремня, 5 – літій іонний акумулятор, 6 – права кнопка, 7 – зажим батареї акумуляторів, 8 – раз'єм для інтерфейсу і зарядного пристрою RS232, 9 – кнопка меню, 10 – звуковий сигнал тривоги, 11 – ліва кнопка.

### Дисплей тривожної інформації детектору ChemPro100i (рис. 1.23).

ChemPro100i забезпечує звуковими і візуальними сигналами тривоги. Регульований звуковий сигнал тривоги аж до 85 dB.



Рис. 1.23. Дисплей тривожної інформації детектору ChemPro100i.

1 – тривога/виявлена речовина, 2 – виявлена відносна концентрація, 3 – зображення, пов'язане з аварійним сигналом (залежить від використання той або іншої бібліотеки), 4 – підтвердження спрацьовування сигналу (кнопка відключення звуку), 5 – світлові індикатори.

Особливості реєстрації аварійних сигналів і даних.

Здійснюється реєстрація аварійних сигналів – до 200 сигналів (тип аварійного сигналу, концентрація, дата, час, тривалість, повідомлення про отримання сигналу).

Реєстрація даних – здійснюється протягом 14 годин з інтервалом в 1 секунду.

### Портативний хімічний аналізатор Raman Spectrometer «ResQ»

Хімічний аналізатор Raman Spectrometer «ResQ» - перший портативний аналізатор Раман спектроскопії (рис. 1.24), орієнтований на завдання для простої інтеграції та якісного аналізу твердих речовин, порошків і рідин.

Розуміння Рамановської спектроскопії.

Раман-спектроскопія (спектроскопія комбінаційного розсіювання) - вид спектроскопії, в основі якої лежить здатність досліджуваних систем (молекул) до непружного (раманівського, або комбінаційного) розсіювання монохроматичного світла.

### Принцип роботи.

Суть методу полягає в тому, що через зразок досліджуваної речовини пропускають промінь з певною довжиною хвилі, який при контакті зі зразком розсіюється. Отримані промені з допомогою лінзи збираються в один пучок і пропускаються через світлофільтр, що відокремлює слабкі (0,001% інтенсивності) раманівські промені від більш інтенсивних (99,999%) релєєвських. «Чисті» раманівські промені посилюються і направляються на детектор, який фіксує частоту їх коливання.



Рис. 1.24. Загальний вигляд портативного хімічного аналізатору Raman Spectrometer «ResQ»

### Будова Раман-спектрометра.

Раман-спектрометр складається з чотирьох основних компонентів: джерело монохроматичного випромінювання (лазер); система освітлення зразка і фокусування променів; світлофільтр; системи виявлення та комп'ютерного контролю.

### Початок роботи з аналізатором.

Відкриття та закриття батарейного відсіку.

Батарейний відсік містить акумулятор - слот, роз'єм живлення і міні роз'єм, який дозволяє користувачам отримувати доступ до даних. Батарейний відсік розташовано на задній панелі приладу.

Щоб відкрити дверцята відсіку батареї:

1. Помістіть прилад так щоб кришка батарейного відсіку була перед вами.
2. Потягніть кришку батарейного відсіку вгору до клацання.

3. Відкрийте кришку батарейного відсіку.

4. Встановить акумуляторну батарею.

**Включення.**

1. Переконайтеся, що встановлено акумулятор або адаптер змінного струму і підключений до електричної розетки.

2. Утримуйте кнопку Включення/Введення на клавіатурі інструмента протягом декількох секунд для відображення вітання приладу.

**Вимкнення.**

1. Ваш прилад може бути вимкнений за допомогою кнопкою

Включення/Введення на сенсорному екрані, або кнопкою на клавіатурі.

**Виконання сканування.**

Аналізатор має два основні режими роботи - Аналіз і Застосування. В обох режимах прилад починає збір спектральних даних з зразка речовини.

**Режим аналізу.**

Інструмент порівнює виявлені дані з майстер-бібліотекою спектральних профілів, а потім обчислює коефіцієнт кореляції (СС) значення для кожного порівняння. Після внесення СС порівняння для всіх спектральних профілів в бібліотеці, інструмент ідентифікує речовину в спектральному профілі з найвищим СС значенням. Ці додаткові дані дозволяють оцінити результати і порівняти можливі альтернативні варіанти речовини.

Оскільки в режимі аналізу використовується майстер бібліотека спектральних профілів і аналізує дані з можливістю вибору перевірки властивостей - ця функція найбільш корисна для визначення зразків невідомих речовин.

**Режим додатки.**

Інструмент збирає спектральні дані, використовуючи зазначену колекцію користувальницьких бібліотек і заздалегідь встановлені настройки. Додаток дозволяє переглядати тільки ті спектральні профілі, які можливі для певних ситуацій. В результаті додатки є найбільш корисними для ідентифікації або перевірки зразків з відомих колекцій речовин.

**Сканування з аналізом.**

При скануванні невідомої речовини в режимі аналізу інструмент ідентифікує відповідну речовину з бібліотеки. Для цього він збирає спектральні дані, обробляє дані, порівнює результати кожного спектрального профілю документа з Майстер-бібліотекою і обчислює значення коефіцієнта кореляції (СС) для кожного профілю.

Після завершення аналізу прилад генерує звіт результатів сканування, який включає:

- кольоровий графік виявленого спектра і спектра з відповідного профілю;
- до п'яти ймовірних речовин, показується назва речовини і відомості, перераховані в Майстер-бібліотеці спектрального профілю.

Після створення звіту, інструмент відображає на екрані результати і зберігає результати звіту в архів для подальшого огляду.

**Рентгенівський флуоресцентний аналізатор «NITON» XL-2**

Аналіз відібраних проб твердих та сипучих речовин в польових умовах та в лабораторії можна провести за допомогою сучасного обладнання, такого як рентгенівський флуоресцентний аналізатор «NITON» XL-2 (рис. 1.25).

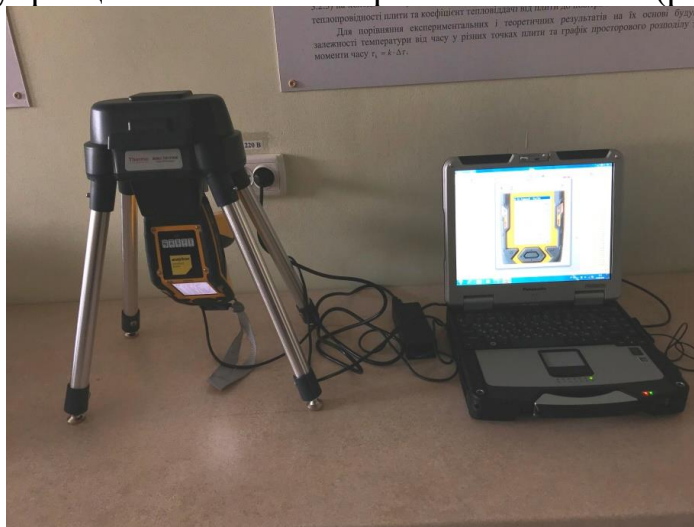


Рис. 1.25. Загальний вигляд рентгенівського флуоресцентного аналізатору «NITON» XL-2.

Будова аналізатора наведена на рис. 1.26.

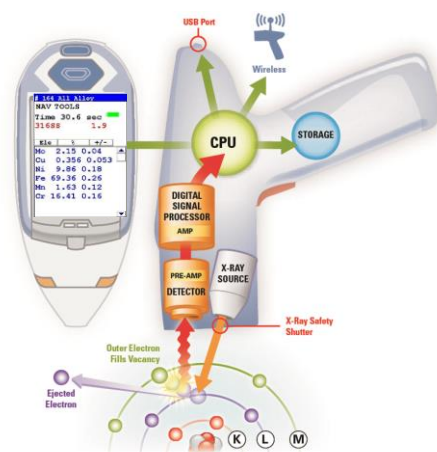


Рис. 1.26. Будова рентгенівського флуоресцентного аналізатору «NITON» XL-2

Інформація для портативної роботи RF аналізаторів.

1. Оператори повинні бути проінструктовані (або добре обізнані).
2. Кілька світлодіодів показують, коли генерується рентгенівське випромінювання.
3. Перевірте віконну плівку на предмет пошкодження або забруднення - при необхідності замініть. Test der automatischen Abschaltung ohne Probe.
  - Тримайте аналізатор стоїть вертикально,
  - Екран на рівні очей,



- Якщо аналізатор автоматично не вимикається за допомогою «Повітряного знімка»:
- а) перевірка системи і / або б) заміна віконної фольги.
  4. Не тримайте зразок і аналізатор біля вікна вимірювання.
  5. Не вимірюйте в напрямку інших людей або власного тіла.
- Напрямок основного променя приблизно на  $25^\circ$  вгору до горизонталі.
6. Якщо можливо, виміряйте в напрямку екрануючих матеріалів.
- наприклад, праска або масивні стіни і підлоги з бетону, каменю, асфальту.
7. Не знімайте аналізатор з зразка до тих пір, поки світлодіоди згаснуть.
  8. Якщо таке вимір не виконується безпосередньо: Залиште стан «готовий до виміру».
- Вихід із системи, коли пристрій виходить з під контроль або передається.
9. У разі особливих подій: Інформуйте співробітника з радіаційного захисту.
- Витягніть → акумулятор і запобігти від його перезапуску.

### Глава 1.3. Фізичні основи дозиметрії.

#### Характеристики ІК.

#### Вольт-амперна характеристика ІК

Вольт-амперною характеристикою ІК називається залежність іонізаційного струму камери від напруги, прикладеної до її електродів, при постійному потоці іонізуючих частинок або потужності дози випромінювання, що впливають на ІК. Загальний вигляд даної характеристики наведений на рис. 1.26.

Можна виділити чотири зони, що обмежені значеннями напруги  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$ .

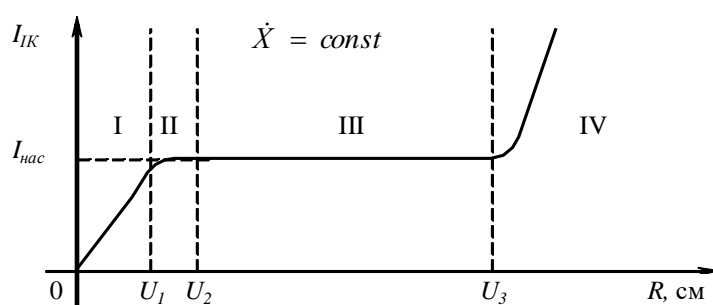


Рис. 1.26. Вольт-амперна характеристика ІК

У вихідному стані, коли напруга на електродах камери дорівнює нулю, існує рівновага  $n = n_p$ , і струм, що проходить через камеру, теж дорівнює нулю.

Зі збільшенням напруги від 0 до  $U_1$  кількість іонів, що розряджаються на електродах, незначна в порівнянні з кількістю іонів, що утворилися під дією випромінювання, тобто  $n_e \gg n$ . Струм камери на цій ділянці лінійно зростає. Тому ця ділянка називається зоною закону Ома.

Зі збільшенням напруги від  $U_1$  до  $U_2$  струм продовжує зростати, але

повільніше, ніж у зоні закону Ома. Відбувається це тому, що під час такої напруги імовірність рекомбінації наближається до нуля, тобто  $n_p \ll n$  і  $n_e \approx n$ . Майже кожний іон досягає електродів і бере участь в утворенні іонізаційного струму. Таким чином, концентрація вільних іонів зменшується, і наростання струму сповільнюється.

Під час напруги на електродах іонізаційної камери, рівній  $U_2$ , всі іони, що утворилися під дією випромінювання, розряджаються на електродах. При цьому  $n_p \approx 0$ ,  $n \approx n_e$  і струм через камеру не змінюється, тобто постійний при  $\dot{X} = const$ .

Ця залежність зберігається у разі зміни напруги між електродами камери від  $U_2$  до  $U_3$ . Ділянка характеристики від  $U_2$  до  $U_3$  називається зоною насичення.

Зона насичення є робочою ділянкою ІК, тобто напруга живлення ІК вибирається серед напруг від  $U_2$  до  $U_3$ .

Під час напруги, яка вища  $U_3$ , іони, що утворилися в процесі іонізації в сильному електричному полі, здобувають таку кінетичну енергію на проміжку свого вільного пробігу, якої достатньо для іонізації нейтральних молекул газу під час зіткнення з ними. Це явище називається ударною іонізацією, а ділянка напруг – зоною ударної іонізації. При цьому відбувається збільшення носіїв електричного заряду за рахунок вторинної іонізації через що струм камери зростає. У цій зоні ІК не працює.

Ряд вольт-амперних характеристик, отриманих за різних потужностей доз випромінювання, наведені на рис. 1.27.

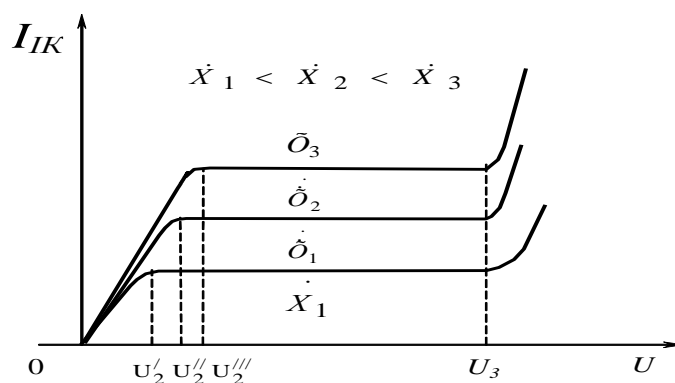


Рис. 1.27. Вольт-амперні характеристики ІК

Збільшення потужності дози випромінювання викликає збільшення кількості пар іонів, що утворюються в одиниці об'єму камери. Тому струм насичення збільшується. Але одночасно збільшується й імовірність рекомбінації іонів.

Для того, щоб всі іони досягли електродів, необхідно збільшити швидкість їхнього руху, тобто збільшити напругу насичення.

Тому вольт-амперна характеристика, що відповідає більшій потужності дози, виходить на ділянку насичення пізніше (під час більшої напруги), ніж характеристика для меншої потужності дози.

Напруга  $U_3$ , за якої виникає ударна іонізація, залежить не від потужності дози, а тільки від напруги електричного поля й складу газу, тобто від

конструкції камери. Тому вихід у зону ударної іонізації для конкретної ІК з будь-яким значенням  $\dot{X}$  відбувається під час конкретної напруги  $U_3$ . У зв'язку з цим, із зростанням  $\dot{X}$  зменшується довжина зони насичення. За більшого значення  $\dot{X}$  насичення може бути відсутнім. Останнє обмежує верхній рівень діапазону вимірювання даною камерою.

Робоча напруга на електродах ІК вибирається за вольт-амперною характеристикою найбільшої потужності дози, на вимірювання якої ця камера розрахована, за формулою:

$$U_{роб} = U_2''' + \frac{U_3 - U_2''}{2}, \quad (1.1)$$

де  $U_2'''$  – напруга початку ділянки насичення, В;

$U_3$  – напруга ударної іонізації, В.

Вибір такої величини робочої напруги забезпечує режим насичення ІК на всьому діапазоні потужностей доз випромінювань.

#### *Навантажувальна характеристика іонізаційної камери*

Як зазначалося вище, струмом насичення іонізаційної камери називається струм ІК, що виникає під дією певної величини потужності дози гамма-випромінювання, коли всі іони, що утворилися в одиницю часу в об'ємі камери, досягають електродів. Для кожного значення величини потужності дози гамма-випромінювання є своє значення струму насичення.

Для ІК, що має стінки, зроблені з повітроеквівалентного матеріалу і наповненої повітрям, залежність струму насичення від потужності дози має вигляд:

$$I_n = 1,29 V \dot{X}, \quad (1.2)$$

де  $I_n$  – струм камери, А;

$V$  – об'єм камери, м<sup>3</sup>;

$\dot{X}$  – потужність експозиційної дози, Кл/кг·с;

$$\text{або } I_n = 0,924 \cdot 10^{-13} V \dot{X}, \quad (1.3)$$

де  $I_n$  – струм камери, А;

$V$  – об'єм камери, см<sup>3</sup>;

$\dot{X}$  – потужність експозиційної дози, Р/год.

Величини 1,29 і  $0,924 \cdot 10^{-13}$  – коефіцієнти пропорційності у виразах 1.2 і 1.3. Повітроеквівалентним матеріалом називається речовина, у якій ефективний атомний номер дорівнює ефективному атомному номеру повітря. Ефективним атомним номером складної речовини  $Z$  за поглинанням енергії ІВ називається атомний номер такої умовно простої речовини, для якої коефіцієнт передачі енергії випромінювання, розрахований на один електрон, є таким же, як і для даної складної речовини. Атомний номер  $Z$  – кількість протонів у ядрі або заряд ядра.

З виразів 1.2 і 1.3 для конкретної камери графічна залежність струму насичення від потужності дози гамма-випромінювання має бути у вигляді прямої лінії. Ця залежність називається навантажувальною характеристикою ІК (рис. 1.28). Однак у дійсності лінійна залежність струму від потужності дози буде спостерігатися лише до певного значення  $\dot{X}_{\max}$  потужності дози. Під час збільшення потужності дози вище значення  $\dot{X}_{\max}$  лінійна залежність порушується.

Такий хід характеристики пояснюється тим, що за  $\dot{X} < \dot{X}_{\max}$  ІК працює в режимі насичення й струм, що проходить через камеру пропорційний потужності дози гамма-випромінювання. За  $\dot{X} > \dot{X}_{\max}$ , прикладеному до камери, напруги живлення вже недостатньо, щоб забезпечити режим насичення. У цих умовах струм, що проходить через камеру зростає повільніше, ніж за лінійним законом, тому навантажувальна характеристика іде на спад.

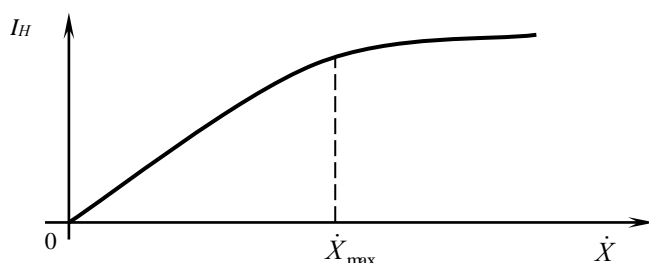


Рис. 1.28. Навантажувальна характеристика струмової іонізаційної камери

Значення потужностей доз, за яких навантажувальна характеристика лінійна, тобто від нуля до  $\dot{X}_{\max}$ , становить діапазон вимірювання потужності дози гамма-випромінювання.

### **Чутливість іонізаційної камери**

Чутливістю іонізаційної камери до гамма-випромінювання називається відношення зміни струму насичення камери до зміни потужності дози випромінювання, яка його викликає тобто  $I_H / \dot{X}$ .

Чутливість ІК може залежати як від енергії гамма-квантів, так і від конструктивних особливостей ІК.

Чутливість ІК від енергії гамма-квантів часто називають «ходом із жорсткістю».

Залежність чутливості ІК від енергії гамма-квантів для стінок із різних матеріалів зображена на рис. 1.29.

В основі зміни чутливості покладено явище взаємодії гамма-випромінювання з речовиною.

В діапазоні енергій до  $E_{\gamma 1}$  на взаємодію гамма-випромінювання з речовиною позначається вплив фотоефекту.

У діапазоні енергій від  $E_{\gamma 1}$  до  $E_{\gamma 2}$  позначається вплив комптон-ефекту.

Як видно з графіка, тільки в області комптон-ефекту чутливість ІК зі стінками з будь-яких матеріалів практично не залежить від енергії випромінювання.

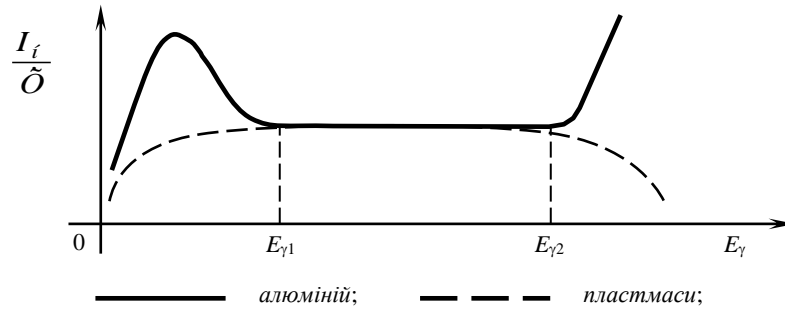


Рис. 1.29. Залежність чутливості ІК від енергії гамма-випромінювання

Через те, що ІК розраховується за певною енергією випромінювання, як правило, енергією випромінювання ізотопу кобальт-60 ( $E_{\gamma 1}=1,17$  і  $E_{\gamma 2}=1,33$  MeV), то і вимірювання гамма-випромінювання широкого спектра енергій призводить до появи похибки вимірювання за рахунок зміни чутливості.

У загальному випадку ця похибка вимірювання оцінюється за зміною чутливості до заданої енергії ІВ відносно чутливості до енергії зразкового ІВ:

$$\Delta_{\text{хж}} = \frac{\frac{I_i}{\delta}(\text{А}_{\delta}) - \frac{I_i}{\delta}(\text{А}_{\delta\delta})}{\frac{I_i}{\delta}(\text{А}_{\delta\delta})} = \frac{I_i}{\delta}(\text{А}_{\delta}) - 1. \quad (1.4)$$

Камера з повітрянорівняльними стінками не має «ходу з жорсткістю».

На практиці широко застосовуються ІК з алюмінієвими стінками.

Такі камери практично не мають «ходу з жорсткістю» за енергії гамма-квантів вище 200 кеВ. Підбором товщини стінки ІК і її форми досягають зведення похибки за рахунок «ходу із жорсткістю» до мінімально можливої величини.

Чутливість ІК залежить також і від конструктивних особливостей камери. До таких особливостей належать тиск у камері та температура за відсутності герметизації.

Характер залежності струму насичення від тиску в камері газу за постійної потужності дози випромінювання зображені на рис. 1.30.

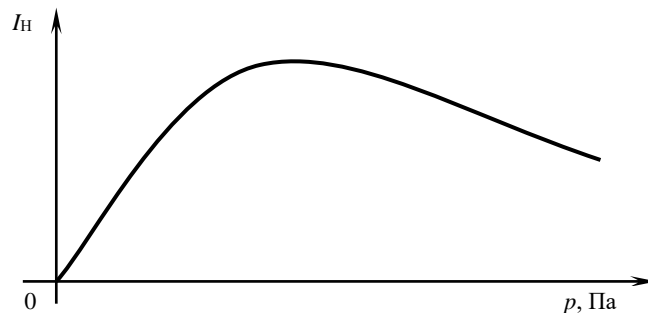


Рис. 1.30. Залежність струму насичення від тиску газу в іонізаційній камері

Зі збільшенням тиску газу в камері за постійних інших умов зростає кількість пар іонів, що утворяться в чутливому об'ємі камери в одиницю часу внаслідок збільшення густини газу, що спричиняє зростання іонізаційного струму. Під час незначного збільшення тиску газу вище нормального має місце пропорційне зростання струму насичення. За тиску, який значно вище

нормального, залежність струму від тиску переходить від лінійної залежності до степеневі, досягаючи максимального значення. Подальше збільшення тиску призводить до зменшення струму камери внаслідок різкого збільшення рекомбінації іонів. При цьому напруга, що забезпечує режим насичення в камері, зі зростанням тиску також збільшується.

Зміна температури газу в камері теж впливає на величину іонізаційного струму, тому що при цьому змінюється тиск і густина газу.

Чутливість порожнинних ІК залежить від товщини стінок, від атомного номера речовини  $Z$ , матеріалу стінок і від складу газового наповнення.

Тому під час розрахунків, проектування й виготовлення іонізаційних камер враховуються всі ці дестабілізуючі умови.

### **Режими роботи ГЛ. Характеристики ГЛ.**

Аналіз виразу (1.4) показує, що характер залежності амплітуди імпульсів лічильника характеризується як величиною напруги на його електродах (через коефіцієнт повного газового посилення  $M$ ), так і значенням початкової іонізації  $n_0$ .

Розглянемо залежність амплітуди імпульсу від напруги на електродах лічильника двох різних значень початкової іонізації. Будемо вважати, що розбіжності в початковій іонізації забезпечуються опроміненням лічильника відповідно альфа- і бета-випромінюванням. Графік такої залежності зображений на рис. 1.31.

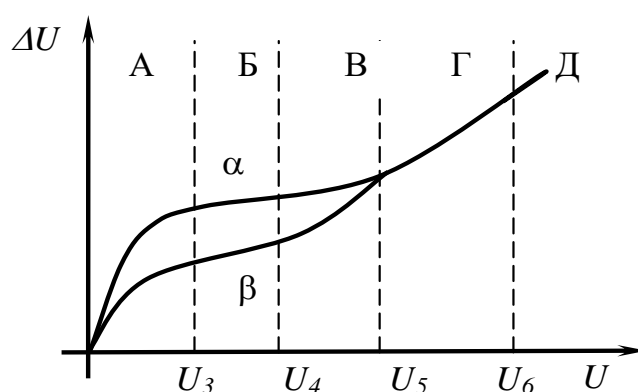


Рис. 1.31. Залежність амплітуди імпульсу від напруги на електродах лічильника

Залежно від величини напруги розрізняють кілька режимів роботи:

- імпульсної іонізаційної камери,  $M \leq 1$ ;
- пропорційності,  $M = 1 \div 10^3$ ;
- обмеженої пропорційності,  $M = 10^3 \div 10^8$ ;
- самостійного розряду,  $M \geq 10^8$ ;
- коронного розряду;
- іскрового розряду.

### **Режим імпульсної іонізаційної камери**

З напругою на електродах лічильника від нуля до  $U_3$  він працює в режимі імпульсної іонізаційної камери. До насичення амплітуда імпульсу збільшується

пропорційно прикладеній напрузі й початковій іонізації.

На ділянці насичення кількість електронів, що потрапляють на анод, дорівнює кількості первинних електронів, утворених випромінюванням. Газове посилення відсутнє, тому що немає ударної іонізації, тобто  $M \leq 1$ . Амплітуда імпульсів при цьому залишається постійною незалежно від напруги, тобто

$$\Delta U = \frac{n_0 q_e}{C}. \quad (1.5)$$

Через те, що альфа-випромінювання має більшу іонізуючу здатність, ніж бета-випромінювання, то крива, яка характеризує опромінення альфа-частинками, буде знаходитися на графіку вгорі.

### Режим пропорційності

З напругою  $U_3$  і вище в ГЛ виникає ударна іонізація і  $M$  стає більше одиниці. Через те, що напруженість поля ще незначна, то ударна іонізація виникає безпосередньо біля поверхні анода. З підвищенням напруги від  $U_3$  до  $U_4$  зона ударної іонізації збільшується, зростає коефіцієнт повного газового посилення  $M$ .

Але на цій ділянці напруг кожної лавини, викликаної електронами, самостійно розвивається (рис. 1.32 а), не перекриваючись із сусідньою.

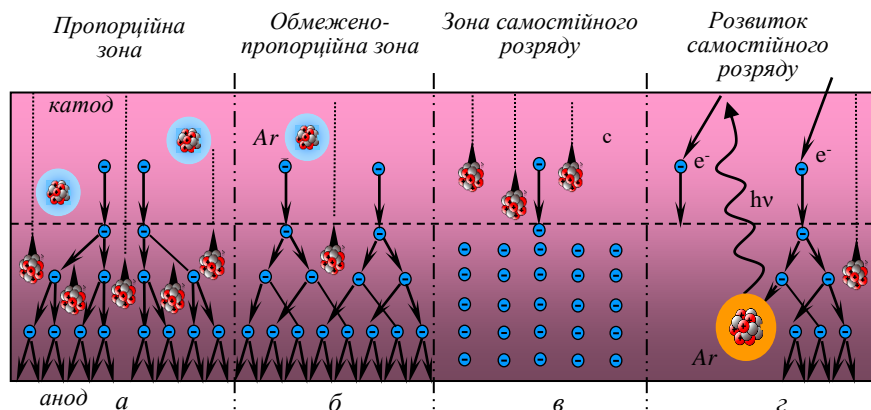


Рис. 1.32. Процеси розвитку розряду в газорозрядному лічильнику

Тому коефіцієнт газового посилення в цій зоні не залежить від початкової іонізації, а залежить тільки від прикладеної напруги, тобто  $M = \varphi(U)$ .

Отже, амплітуда імпульсу за будь-якої напруги від  $U_3$  до  $U_4$  пропорційна початковій іонізації, тобто

$$\Delta U = \frac{f(U) q_e n_0}{C}. \quad (1.6)$$

Тому ця ділянка напруги (від  $U_3$  до  $U_4$ ) називається пропорційною зоною, а лічильники, що працюють у цій зоні, – пропорційними лічильниками. Такі лічильники використовуються для реєстрації сильноіонізуючого

випромінювання на фоні слабоіонізуючого випромінювання, наприклад, альфа-випромінювання, коли є гамма- або бета-випромінювання.

### ***Режим обмеженої пропорційності***

З підвищенням напруги від  $U_4$  до  $U_5$  ще більше збільшується область ударної іонізації, електронні лавини починають перекриватися (рис. 1.32 б). Уздовж анода лічильника концентруються позитивні іони, що мають рухливість приблизно в 1000 разів меншу рухливості електрона.

Таким чином, за час збору електронів всі позитивні іони залишаються практично на своєму місці уздовж нитки анода. З'являється просторовий заряд позитивного знака, що оточує анод. Напруженість електричного поля спотворюється, тобто зменшується напруженість в області ударної іонізації. Наступні лавини будуть розвиватися в ослабленому полі, причому ступінь ослаблення буде визначатися початковою іонізацією. Чим більше  $n_0$ , тим більше ослаблення поля, і тим менший коефіцієнт газового посилення  $M$ .

Тому амплітуда імпульсів від сильноіонізуючих альфа-частинок буде на цій ділянці підсилюватися в менше число разів, ніж від бета-випромінювання. Криві на графіку збігаються в точку.

Це область обмеженої пропорційності, а лічильники, що працюють у цій області, називаються лічильниками обмеженої пропорційності.

### ***Режим самостійного розряду***

За напруги, що є вищою ніж  $U_5$ , виникнення в лічильнику хоча б однієї пари іонів викликає газовий розряд у всій зоні ударної іонізації. Амплітуда імпульсів у цій зоні не залежить від первинної іонізації, а тільки від напруги живлення джерела. За такої напруги на розвиток розряду найбільше впливають вторинні процеси (рис. 1.32 г).

У первинній електронній лавині в зоні ударної іонізації утворюється значна кількість збуджених молекул робочого газу, яка переходячи в основний стан, випускає кванти ультрафіолетового випромінювання.

Ці кванти, досягнувши катода, вибивають з нього фотоелектрони. Ці електрони створюють свої електронні лавини. Крім цього, позитивні іони, нейтралізуючись на катоді, також можуть вирвати з нього вільні електрони.

У результаті відбувається швидке поширення розряду уздовж нитки анода. Потім вся область ударної іонізації стає охопленою розрядом. Навколо анода утвориться чохол з позитивних іонів газу, які знижують напруженість поля (рис. 1.32 в). Поступово позитивний чохол розчиняється внаслідок руху іонів до катода й поле навколо анода відновлюється до колишнього значення.

Однак вирвані з катода електрони знову приводять до розвитку розряду, тобто відбувається самостійний розряд, що самопідтримується.

Ця область напруги називається областю самостійного розряду, а лічильники називаються лічильниками з самостійним розрядом.

### ***Режим іскрового розряду***

У процесі збільшення напруги живлення ГЛ вище потенціалу



електричного пробою, електрони в робочому об'ємі лічильника, переміщуючись до анода, створюють потужні ниткоподібні електронно-іонні лавини. В лавинах у значній кількості утворюються сильно збуджені молекули газу, які інтенсивно висвічуються (іскри). Кожна лавина – це ниткоподібний розряд або стример, що світиться, який призводить до пробою газового проміжку. Це дозволяє візуально спостерігати місце попадання частинки в чутливий об'єм лічильника.

Лічильники коронного та іскрового розрядів використовуються в лабораторних умовах, а лічильники самостійного розряду та частково пропорційні лічильники використовуються в практичній (військовій) дозиметрії.

**Лічильна характеристика ГЛ** – це залежність швидкості лічби від напруги живлення ГЛ при постійній потужності дози випромінювання. Лічення імпульсів проводиться окремим вимірювальним пристроєм. Типова лічильна характеристика надана на рис. 1.33.

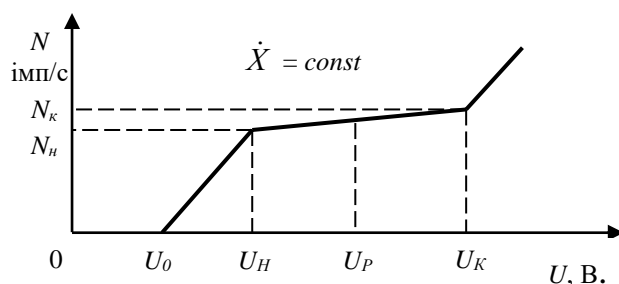


Рис. 1.33. Лічильна характеристика газорозрядного лічильника

Вимірювальний пристрій, до якого приєднаний ГЛ, має свій поріг чутливості. Таким чином, пристрій зареєструє тільки ті імпульси, амплітуда яких перевищить цей поріг. Тому лічильна характеристика починається не з нуля, а з деякої напруги  $U_0$ .

За напруги від  $U_0$  до  $U_n$  швидкість лічення стрімко збільшується, через те що на цій ділянці ГЛ працює в пропорційній або обмежено пропорційній зоні. Амплітуди імпульсів різні й не всі реєструються схемою вимірювання.

Зі збільшенням напруги  $U$  на електродах ГЛ зростає кількість імпульсів із амплітудою, що вища від порога чутливості схеми вимірювання. Усе більша кількість їх буде реєструватися.

На ділянці від  $U_n$  до  $U_k$  зростатиме амплітуда імпульсів, але швидкість лічення майже не збільшиться, тому що  $\dot{X} = const$ . Однак, зі зростанням напруги  $U$  на електродах ГЛ в області від  $U_n$  до  $U_k$  характеристика має нахил.

За напруги, що вища ніж  $U_k$ , різко зростає кількість супутніх імпульсів, а за дуже високої напруги може виникнути газовий розряд і за відсутності ІВ.

Ділянка лічильної характеристики від  $U_n$  до  $U_k$  називається плато характеристики, різниця напруг  $U_k - U_n$  – довжиною плато.

Залежністю швидкості лічення від напруги, в зоні плато лічильної характеристики, оцінюють нахил плато, розраховуючи за формулою:

$$\Delta N = \frac{N_k - N_n}{1/2(N_k + N_n)(U_k - U_n)} \cdot 100 \% \text{ на } 1 \text{ В}, \quad (1.7)$$

де  $\Delta N$  – нахил плато;

$N_k - N_n$  – різниця лічення наприкінці та початку плато, імп/с;

$\frac{N_k + N_n}{2}$  – швидкість лічення в середній точці плато, імп/с;

$U_k - U_n$  – довжина плато, В.

Чим більша довжина плато й менший його нахил, тим вища якість лічильника. Упродовж експлуатації ГЛ нахил і тривалість плато змінюється в протилежний бік.

За лічильною характеристикою визначається робоча напруга лічильника:

$$U_p = \frac{U_i + U_e}{2}. \quad (1.8)$$

За стабілізації напруги живлення, робоча напруга вибирається ближче до напруги  $U_n$ , що збільшує термін придатності лічильника.

### **Ефективність газорозрядного лічильника, його чутливість**

**Ефективність ГЛ** ( $\varepsilon$ ) – це відношення кількості зареєстрованих частинок (фотонів) до кількості частинок (фотонів) даного виду випромінювання, що потрапили в чутливий об'єм лічильника за час реєстрації  $N_n$ , тобто

$$\varepsilon = \frac{N_c}{N_n} 100\%. \quad (1.9)$$

Ефективність лічильника для різних видів ІВ різна. Для альфа- і бета-випромінювань ефективність ГЛ із самостійним розрядом дорівнює 100 %, для гамма-випромінювання – близько 0,1–2 %. Ефективність ГЛ за гамма-випромінюванням залежить від енергії гамма-квантів ( $E_\gamma$ ), властивості матеріалу ( $Z$ ) і товщини ( $d$ ) стінок (катода) лічильника, тому що практично тільки в стінках корпусу поглинаються гамма-кванти, які вибивають електрони з атомів матеріалу стінок. Саме ці електрони, потрапляючи в порожнину лічильника, викликають розвиток електронно-іонних лавин, а отже, і появу імпульсу на електродах ГЛ. Таким чином, ефективність ГЛ за гамма-випромінюванням, головним чином, залежить від матеріалу, товщини стінок та енергії гамма-квантів, тобто  $\varepsilon = f(Z, d, E_\gamma)$ .

Залежність ефективності реєстрації лічильника від енергії гамма-випромінювання називається «ходом із жорсткістю». Ця залежність зображена на рис. 1.34.

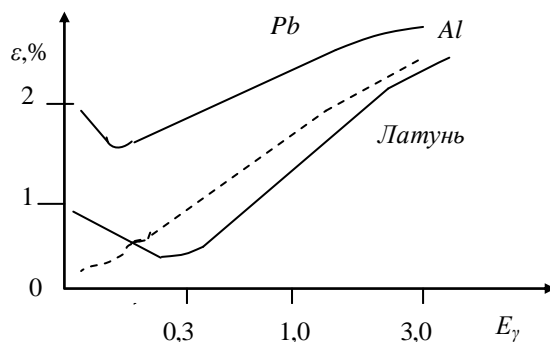


Рис. 1.34. Залежність ефективності ГЛ від енергії гамма-випромінювання («хід із жорсткістю») для різних матеріалів катода

Як видно з графіка, ефективність лічильника мінімальна в області енергії 0,1–0,5 МеВ, а починаючи з енергії 0,5 МеВ, майже лінійно зростає зі збільшенням  $E_\gamma$ . На рис. 1.35 наведена характерна залежність ефективності серійних газорозрядних лічильників від енергії гамма-випромінювання.

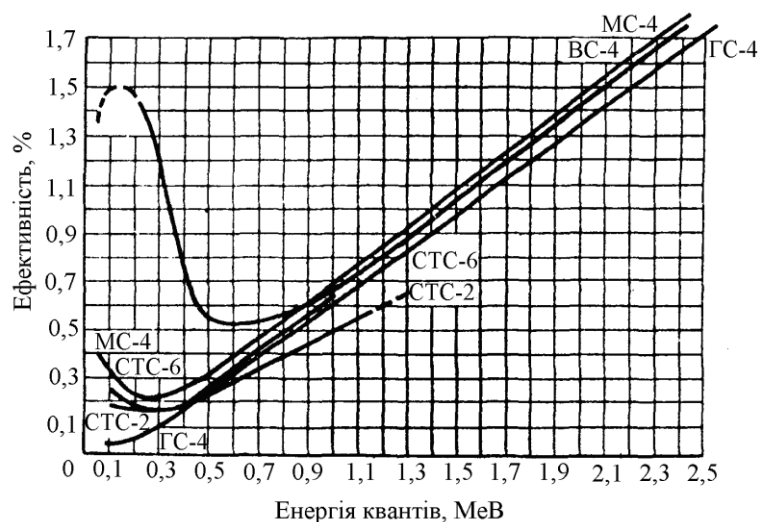


Рис. 1.35. Залежність ефективності газорозрядних лічильників від енергії випромінювання, що реєструється

Як видно із графіка, ефективність реєстрації невисока (не більша за 2 %) і різко змінюється від енергії випромінювання, що реєструється.

Для встановлення залежності між потужністю дози  $\dot{X}$  і швидкістю лічення  $N_c$  вводиться поняття чутливості ГЛ за гамма-випромінюванням.

**Чутливість** – це відношення зміни швидкості рахунку  $N_c$  до потужності дози гамма-випромінювання, що викликала цю зміну,  $\frac{N_c}{\dot{X}}$ .

Це відношення, головним чином, залежить від ефективності ГЛ  $\varepsilon$ , площі поздовжнього перерізу катода  $S$  (см<sup>2</sup>), енергії гамма-квантів  $E_\gamma$  та масового коефіцієнта передачі енергії гамма-квантів для повітря  $\mu_{пмв}$

$$\frac{N_c}{\dot{X}} = \frac{\varepsilon S}{E_\gamma \mu_{пмв}}, \quad (1.10)$$

де  $\mu_{nm\epsilon}$  – масовий коефіцієнт ослаблення гамма-випромінювання у зв'язку з передачею енергії гамма-кванта зарядженим частинкам (найчастіше електронам) молекулам повітря та додавання цим електронам кінетичної енергії,  $\text{см}^2/\text{г}$ .

З рис. 1.34 видно, що ефективність ГЛ  $\epsilon$  в інтервалі енергії від 0,3 до 3,0 МеВ лінійно зростає зі збільшенням  $E_\gamma$ . Це можна записати у вигляді виразу  $\epsilon = \kappa E_\gamma$ , де  $\kappa = \text{const}$ . Але в цьому ж діапазоні енергій коефіцієнт  $\mu_{nm\epsilon}$  змінюється в межах 23 %. Тому з такою ж похибкою можна вважати  $\mu_{nm\epsilon} = \text{const}$ . Тоді вираз (1.10) спроститься і його можна записати

$$\frac{N_c}{\dot{X}} = \frac{\kappa S}{\mu_{nm\epsilon}}. \quad (1.11)$$

Таким чином, із прийнятим допущенням і рівнем похибки можна вважати, що чутливість лічильника залежить тільки від його типу.

Якщо ж діапазон енергій гамма-випромінювання досить широкий, то чутливість ГЛ до гамма-випромінювання буде значною мірою залежати від енергії гамма-квантів ( $E_\gamma$ ), тобто вимірювання випромінювання буде здійснюватися з певною похибкою. Величину та характер похибки вимірювання гамма-випромінювання залежно від енергії оцінюють за зміною швидкості лічення при енергії фотонів, що досліджується, відносно швидкості лічення, що відповідає енергії зразкового випромінювача. Потужність дози гамма-випромінювання  $\dot{X}$  для енергії, що досліджується та зразкової, вибирають однаковою. За зразковий випромінювач вибирається кобальт-60 ( $E_\gamma = 1,25$  МеВ). Похибка обчислюється за формулою:

$$\Delta_E = \frac{N(E_X) - N(E_{обр})}{N(E_{обр})} = \frac{N(E_X)}{N(E_{обр})} - 1. \quad (1.12)$$

Результат обчислення виражається у відсотках. З формули (1.12) випливає, що  $\Delta_E$  може бути як позитивною, так і негативною. Розрахунки показують, що за малих значень енергії випромінювання  $\Delta_E$  порівняно зі зразковою енергією може досягати 100 % і більше.

### **Навантажувальна характеристика ГЛ**

**Навантажувальна характеристика ГЛ** – це залежність швидкості лічення від потужності дози гамма-випромінювання. З виразу (1.11) випливає, що

$$N_c = \dot{X} \frac{\kappa S}{\mu_{nm\epsilon}}. \quad (1.13)$$

Таким чином, залежність швидкості лічення  $N_c$  від потужності дози  $\dot{X}$  для моноенергетичного випромінювання виражається прямою лінією (рис. 1.36). Однак реально така залежність на певній ділянці випромінювання відхиляється від лінійної. Навантажувальна характеристика має три ділянки: I–лінійна; II–нелінійна; III–ділянка зворотного ходу.

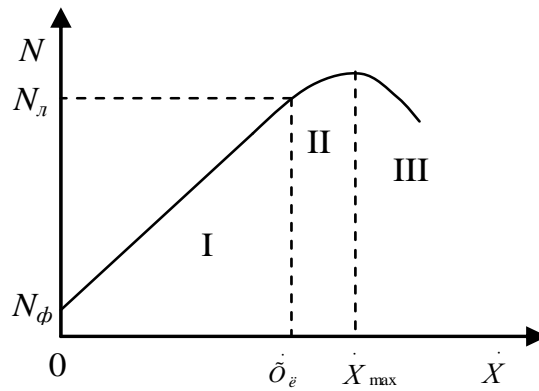


Рис. 1.36. Типова навантажувальна характеристика ГЛ

Початкова ділянка починається за  $\dot{X} = 0$  і визначається власним фоном лічильника  $N_\phi$ . Відхилення від лінійності за  $\dot{X} = \dot{X}_L$  пояснюється тим, що зі збільшенням потужності дози випромінювання все більша кількість фотонів потрапляє на робочу поверхню лічильника в «мертвий час» і не реєструється.

За  $\dot{X} > \dot{X}_{max}$  все більша кількість імпульсів утворюється за час відновлення, тобто до відновлення в лічильнику початкової різниці потенціалів (початкової напруженості поля ГЛ). Тому амплітуда їх може бути меншою, ніж поріг спрацьовування схеми, що реєструє, і вони перелічені не будуть. Це ділянка зворотнього ходу навантажувальної характеристики. Діапазон вимірювання потужності дози випромінювання ГЛ обмежується лінійною ділянкою навантажувальної характеристики. Нижня межа діапазону вимірювання визначається фоном лічильника. Вважається, що вимірююю може бути така потужність дози випромінювання, яка створює швидкість лічення, що дорівнює  $0,1N_\phi$ . Верхня межа діапазону вимірювання визначається роздільною здатністю лічильника, тобто допустимою швидкістю лічення для даного типу лічильника. Для вимірювання більших потужностей доз гамма-випромінювання створені спеціальні малоэффективні лічильники. Вони, як правило, мають незначні розміри робочого об'єму.

На рис. 1.37 наведені навантажувальні характеристики деяких промислових ГЛ, які також використовуються у військовій дозиметричній апаратурі.

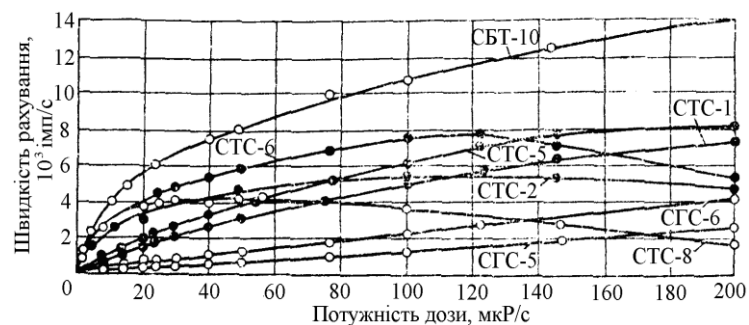


Рис. 1.37. Залежність швидкості лічення від потужності експозиційної дози для деяких типів лічильників

Характеристики деяких ГЛ, що застосовуються в приладах радіаційного контролю, наведені в табл. 1.9.

Таблиця 1.9

## Параметри газорозрядних лічильників

№ з/п	Назва	Математичний вираз	Величина	
			для галогенних лічильників	для спиртових лічильників
1	Напруга початку лічення	$U_o$	320–340 В	500–700 В
2	Довжина плато	$U_k - U_n$	80–100 В	100–120 В
3	Робоча напруга	$U_{роб} = \frac{U_n + U_k}{2}$	390–410 В	900–1200 В
4	Нахил плато $\Delta N$	$\frac{(N_k - N_n) \cdot 100}{\frac{1}{2}(N_k + N_n)(U_k - U_n)}$	$\frac{0,125 \%}{\text{на 1 В}}$	$\frac{0,125 \%}{\text{на 1 В}}$
5	Ефективність: а) за альфа- і бета-випромінюванням б) за гамма-випромінюванням	$\varepsilon = \frac{N_c}{N_{n(\alpha\beta)}} \cdot 100$	100 %	100 %
		$\varepsilon = \frac{N_c}{N_{n(\gamma)}} \cdot 100$	0,2–2 %	0,2–2 %
6	Термін служби	$\int_0^t N(t) dt$	$10^{12}$ імп	$10^{12}$ імп
7	Власний фон	$N_\phi$	16–260 імп/хв	

Лічильники, які використовують у військовій дозиметричній апаратурі, залежно від схеми включення можуть працювати в струмовому режимі та у лічильному (імпульсному) режимі.

#### Глава 1.4. Основи побудови та вимоги до аналітичних засобів радіаційної розвідки та контролю.

Відомо, що іонізуюче випромінювання не сприймається нами органолептично: жоден з органів чуття людини не попередить про зближення з джерелом ІВ будь-якої інтенсивності. Особовий склад може знаходитися в полі ІВ, смертельно небезпечному для нього випромінюванні та не мати при цьому жодного уявлення про це.

Тому виявлення і вимірювання іонізуючих випромінювань здійснюються підставі методів дозиметрії ІВ, що реалізуються за допомогою спеціальних технічних засобів, що називаються дозиметричні прилади.

Дозиметричні прилади – пристрої для вимірювання дози іонізуючих випромінювань або величин, зв'язаних з нею. Метрологічно такі засоби поділяють на зразкові з похибкою не більше  $\pm 2 \%$ ; робочі з похибкою від  $\pm 5$  до  $\pm 30 \%$ ; індикатори для оцінки рівня випромінювань з похибкою  $\pm 50 \%$  і більше.

Розглянемо послідовно технічні пристрої, які зазвичай відносять до військової дозиметричної апаратури (ВДА).

Індикатори-сигналізатори – найпростіші пристрої для виявлення ІВ (свого роду «органолептичні» прилади), що містять спектр, який сприймається людиною й іонізуюче випромінювання. Важливість таких приладів, як правило,

недооцінюють. Хоча тільки з їх допомогою людина знаходить здатність реагувати на нову небезпеку так, як це прийнято в світі живого: щось сумнівне повинно виявлятися завчасно, на великому віддаленні, на слідовому рівні малих концентрацій. Для автоматичного контролю радіаційної обстановки потрібні прилади, що формують сигнал тривоги під час виникнення ІВ, рівень якого перевищує деяке задане значення. Це значення – його називають граничним – тим чи іншим способом виставляють у самому приладі. Розташований у віддаленні, часом у важкодоступному місці, такий прилад повинен завчасно попередити людину про радіаційну небезпеку, що насувається.

Дозиметри – пристрої (портативні переносні прилади) призначені для контролю дози радіаційного опромінення. Це прилади чи пристрої, за допомогою яких можна виміряти отриману людиною дозу ІВ у певній конкретній ситуації або за визначений період роботи та часу. Якщо щодо індикаторів-сигналізаторів (сигнальних приладів) у літературі, як правило, розбіжностей із приводу термінології не виникає, то трактування понять дозиметр і дозиметрична апаратура, в цілому, викликає дискусії, які потребують уточнень. Справа в тому, що в останні роки з'явилося ще одне поняття: професійні та побутові прилади. Цей умовний підрозділ почався з моменту виготовлення таких приладів для населення.

Прилади, здатні вимірювати інтенсивність поля, іноді називають дозиметрами – що не зовсім правильно. Адже сума ушкоджень, що «мішень» отримує від джерела ІВ, залежить від інтенсивності її опромінення  $X$  і його тривалості  $T$ . Добуток  $X \cdot T$  називають дозою (від греч. *dosis* – порція). Існують справжні дозиметри – їх називають накопичувальними, які дійсно вимірюють дозу, при цьому, якщо людина постійно носить такий прилад при собі, то за його показниками роблять висновок і про дозу, отриману «носієм». З накопичувальними

дозиметрами – приладами професіоналів – звичайні люди майже не зустрічаються, а прилади за вимірюванням інтенсивності ( $X$ ) насправді є лише вимірювачами потужності дози поля ІВ.

Наступним закономірним завданням після своєчасного виявлення ІВ є оцінка інтенсивності поля, створеного виявленим джерелом, і оцінка питомої активності самого джерела.

Вимірювачі потужності дози (доза випромінювання, віднесена до одиниці часу) – прилади, які вимірюють інтенсивність поля – що іноді називають рівнем радіації. Вимірювання потужностей доз – одне з наважливіших завдань радіаційної розвідки місцевості у військах. Вимірювач дозволяє визначити час, протягом якого створюються дози, що не викликають небезпечного біологічного ефекту в організмах, або, навпаки, що можуть викликати його ураження, а також дозволяє визначити кордони простору, у межах якого протягом деякого часу створюються дози, які можуть виявитися небезпечними. Також даний тип приладів дозволяє визначити радіоактивне забруднення поверхні різних предметів за гамма- випромінюванням.

Технічні засоби, за допомогою яких одержують інформацію про активність радіонукліда і про спектр розподілу ІВ, у літературі одержали стійкі

назви радіометрична і спектрометрична апаратура відповідно. Вони є складною апаратурою, яка дорого коштує та вимагає спеціальних знань і умов її експлуатації.

У військовій дозиметричній апаратурі склалася усталена термінологія стосовно технічних засобів для виявлення і вимірювання ІВ, які були розглянуті вище. В основу класифікації ВДА покладена, в першу чергу, градація щодо розв'язуваних у військах завдань. У зв'язку з цим усі вони одержали одну загальну назву – «Аналітичні засоби радіаційної розвідки і контролю», що ми і розглянемо більш докладно.

### **Класифікація військової дозиметричної апаратури**

Дозиметричні прилади можна класифікувати: за призначенням, видом вимірюваного випромінювання, ефектом взаємодії випромінювання з речовиною, характером електричних сигналів, перетворених схемою приладу й інших ознак.

Для своєчасного виявлення радіоактивного зараження місцевості та оповіщення про радіаційну небезпеку необхідно організувати радіаційне спостереження і розвідку з використанням спеціальних технічних засобів, що дозволяють виміряти величину потужності дози гамма-випромінювання, рівень зараження різноманітних поверхонь альфа- і бета-активних речовин, а також величини поглинених гамма- і нейтронних доз опромінення, отриманих особовим складом військових підрозділів, а також цивільним населенням, що потрапило в зону дії ІВ і радіоактивного зараження.

Вирішення цих завдань відбувається за допомогою спеціальних технічних засобів військової дозиметричної апаратури (рис. 1.38).



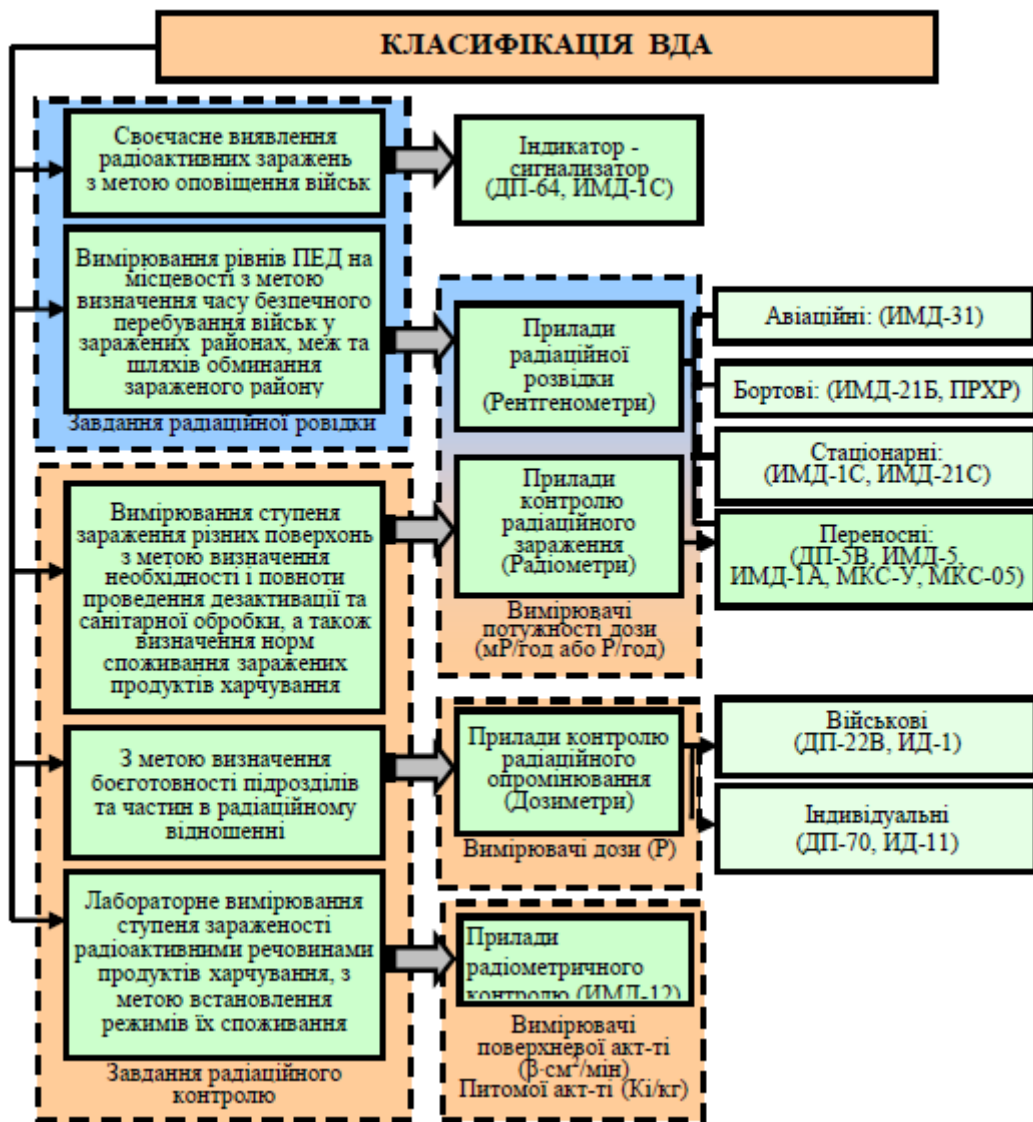


Рис. 1.38. Класифікація військової дозиметричної апаратури

**1. Прилади радіаційної розвідки.** Це засоби, які призначені для виявлення радіаційного зараження і вимірювання величини потужності доз над зараженою місцевістю. До цих засобів належать:

- індикатори для орієнтованої оцінки потужності дози (ДП-64), які мають найпростіші електричні схеми із вбудованою світловою та звуковою сигналізацією. За допомогою індикаторів можна орієнтовано встановити підвищення потужності дози або зменшення;
- вимірювачі потужності дози гамма-випромінювання всіх типів: переносні (ДП-5В, ИМД-5, ИМД-1Р, МКС-У), бортові наземні (ДП-3Б), або (ИМД-21Б), бортові авіаційні (РАП-1, ИМД-31). За їх допомогою здійснюється виявлення радіаційної обстановки, виявлення та визначення радіоактивного зараження. Результати вимірювань, одержані за допомогою цих засобів, дозволяють оцінити ступінь потенційної загрози зовнішнього опромінення, яке є головною небезпекою променевого ураження особового складу військ.

Крім того, існують прилади для ведення безперервного контролю за появою гамма-випромінювання ядерних вибухів з метою захисту екіпажу

броньоб'єктів (ПРХР), а також датчики визначення боєздатності пунктів управління (ИМД-22). Останній тип приладів здатний вимірювати потужність поглиненої дози проникаючої радіації ядерних та нейтронних боєприпасів і поглиненої дози гамма-випромінювання радіоактивного зараження місцевості з видачею інформації у автоматизовані системи управління військами (АСУВ).

Перспективним напрямком розвідки є розробка спеціалізованих комплексів радіаційної розвідки і пошуку джерел випромінювання.

Ці засоби повинні: вести радіаційну розвідку в районах, які підлягають радіаційному зараженню, визначати радіаційну обстановку в них з побудовою карт дозових полів, ідентифікувати радіонуклідний склад радіоактивних аномалій, вести пошук і визначати місця розташування локальних джерел гамма- і нейтронного випромінювання як з борту літальних апаратів, так і з наземних транспортних засобів.

**2. Прилади радіаційного контролю.** Ці засоби призначені для вимірювання величини поглинених доз гамма- і гамма-нейтронного випромінювання, одержаних особовим складом, а також контролю радіоактивного зараження різних поверхонь (з метою визначення необхідності і повноти проведення дезактивації та санітарної обробки).

До першої групи приладів належать військові (ДКП-50А, ИД-1) та індивідуальні вимірювачі доз (ДП-70М, ИД-11, ИД-02, ДК-02).

Величини доз, зареєстровані військовими вимірювачами доз, використовуються командиром і штабом для оцінки працездатності людей і боєздатності частин та підрозділів. Дози, заміряні індивідуальними вимірювачами, необхідні медичній службі для діагностики ступеня важкості променевих уражень і проведення на їх основі лікарняно-профілактичних і евакуаційних заходів.

Усі індивідуальні вимірювачі доз підрозділяються на два види: прямовказівні, коли знімати показання з приладу можна безпосередньо (ИД-02, ДК-02, ДКП-50А, ИД-1) і без шкали індикації («сліпі»); показання, які знімаються на спеціальних пристроях і, як правило, у стаціонарних умовах (ИД-11, КДТ). Усі дозиметри можна також класифікувати:

- за типом детектора (іонізаційні, люмінесцентні, хімічні);
- за живленням (без джерела живлення – ДП-70М, ИД-11, КДТ; які потребують зарядки ДК-02, ИД-02, ИД-1, ДКП-50А);
- за видами і енергією випромінювань, що реєструються (низькоенергетичні до 200 кеВ; середньоенергетичні до 1,25 МеВ – ДКП-50А; високоенергетичні до 3 МеВ – ДП-70М, ИД-1, ИД-11);
- за діапазоном доз випромінювання (чутливі; середньої чутливості – ДКП-50А; аварійні, грубі, розраховані на високі рівні радіації – ИД-1, ИД-11, ДП-70М, КДТ).

До другої групи приладів радіаційного контролю належать переносні радіометри: ДП-5В, ИМД-5, ИМД-1, ИМД-12-2(3), МКС-У, МКС-05. Усе різноманіття радіометрів доцільно класифікувати насамперед: за видами випромінювань (комбіновані бета-, гамма-випромінювання; для одного виду випромінювань), за видами потужностей доз, які реєструють прилади

(експозиційна – ДП-5В, ИМД-1Р ИМД-12-2(3), поглинена – ИМД-5; еквівалентна – МКС-У, МКС-05).

**3. Прилади радіометричного контролю.** Радіометричні установки використовуються в польових радіометричних лабораторіях (АЛ-4М). За допомогою лічильних установок (ИМД-12) визначається активність або ступінь зараження продуктами ядерного вибуху води, продовольства і фуражу та оцінюється можливість їх споживання. Перспективним напрямком розвідки засобів радіометричного контролю вважається використання польового бета-гамма-спектрометра – з метою ідентифікації окремих радіонуклідів, вимірювання їх активності, потужності експозиційної дози гамма-випромінювання, а також віку ядерних речовин.

Крім перерахованих типів військових дозиметричних приладів мають місце комбіновані прилади – це ті, які виконують функції двох і більше приладів для вимірювання ІВ різного функціонального призначення.

Наприклад, дозиметр-радіометр МКС-05 «ТЕРРА» або дозиметр-радіометр універсальний МКС-У, які призначені для вимірювання еквівалентної дози та потужності еквівалентної дози гамма- та рентгенівського випромінювань, а також поверхневої щільності потоку бета-частинок.

У ранніх випусках військової дозиметричної апаратури їх назви не відповідали теперішній індексації, наприклад, ДП-64 (дозиметричний прилад 64 моделі) або РУП-1 (радіометр універсальний переносний 1-ї моделі).

У практиці військової дозиметрії можна зустріти прилади, які індексовані (відповідно до класифікації ОСТ-95357-75):

- за видом контрольованого випромінювання (для дозиметричних (Д), радіометричних (Р) і спектрометричних (С) приладів, третя буква позначає вид випромінювання: А –  $\alpha$ ; Б –  $\beta$ ; Г –  $\gamma$ ; Н – нейтронне; С – змішане);
- за номером моделі та номером конструктивної модифікації.

Наприклад, ДРГ-3-02 означає дозиметр рентгенівського і гамма-випромінювання третьої моделі другої конструктивної модифікації.

У більшості сучасних засобів радіаційної розвідки та контролю, які стоять на озброєнні військ РХБ захисту, назва приладу відповідає індексації за вимірювальною величиною, наприклад, ИМД-21 (вимірювач потужності дози 21 моделі) або ИД-1 (вимірювач дози 1-ї моделі).

### **Принцип побудови та функціонування аналітичних засобів радіаційної розвідки та контролю.**

Виявити і зареєструвати іонізуюче випромінювання (ІВ) можна тільки опосередковано, тобто виявити і зареєструвати кінцевий результат взаємодії іонізуючого випромінювання з елементами середовища.

У результаті такої взаємодії можуть з'являтися такі ефекти, як іонізація газу або рідини, змінення оптичних, діелектричних, електропровідних характеристик тих або інших матеріалів, змінення структури побудови різних кристалів тощо. Саме за цими ефектами можна виявити і зареєструвати іонізуюче випромінювання. Ділянка середовища, в якій в тій чи іншій формі проявляється ефект взаємодії іонізуючого випромінювання з матеріалом середовища, і

результати цієї взаємодії можна зареєструвати тим чи іншим способом, називається детектором іонізуючого випромінювання. Іншими словами, детектор – це первинний вимірювальний перетворювач, який перетворює параметри іонізуючих випромінювань у параметри таких фізичних ефектів, які легко можна зареєструвати технічними пристроями, що є в наявності. Із цього витікає, що до складу приладів обов'язково входить детектор іонізуючого випромінювання.

Залежно від ефекту взаємодії ІВ існують такі типи детекторів іонізуючого випромінювання:

- іонізаційні детектори – іонізаційні камери, газорозрядні лічильники і напівпровідникові детектори;
- сцинтиляційні детектори – сцинтилятори;
- люмінесцентні детектори – фото – і термолюмінесцентні;
- фотодетектори – фотоплівки і фотопластини;
- хімічні детектори тощо.

У військовій дозиметричній апаратурі найбільш широко використовуються іонізаційні детектори, тобто іонізаційні камери (ІК) і газорозрядні лічильники (ГЛ), а також люмінесцентні детектори. Менш широко, але все ж таки використовуються хімічні детектори.

У теперішній час у практику розробки і побудови приладів починають упроваджувати люмінесцентні, напівпровідникові та інші детектори. Вихідні параметри різних детекторів різні:

- для іонізаційних, люмінесцентних детекторів – це параметри електричних сигналів – електричний струм або напруга;
- для сцинтиляційних детекторів – світлові спалахи з довжиною хвилі, яка лежить у межах оптичної області тощо.

На сьогодні усі вихідні параметри детекторів можна зареєструвати сучасними засобами, заміряти і визначити функціональний зв'язок між іонізуючим випромінюванням, яке впливає на детектор та його вихідним ефектом, наприклад, між потужністю дози і струмом іонізаційної камери.

У сучасній техніці зручним для передачі, оброблення, використання в різних керуючих і виконавчих системах є електричний сигнал. Розвиток електронної техніки дозволяє вихідний ефект детектора будь-якого типу перетворити в електричний сигнал, який несе в собі інформацію про параметри іонізуючого випромінювання, який впливає на даний детектор.

Вибір того чи іншого детектора ІВ визначається видом реєстрованого випромінювання, вимірюваними параметрами джерела випромінювання або поля випромінювання, діапазоном змін вимірюваного параметра. Сигнали, що надходять з детекторів, можуть існувати в двох видах:

1. У дискретному – наприклад, у вигляді послідовності електричних імпульсів.

2. В аналоговому – наприклад, у вигляді постійного струму або напруги. Як правило, величина заряду в імпульсі або сила струму на виході детектора дуже малі і нестабільні за часом і не можуть бути заміряні безпосередньо реєструючими приладами. Тому послідовні електронні пристрої, які

використовуються в дозиметричній апаратурі, проводять підсилення, формування і вимірювання електричних сигналів детекторів і подають результати вимірювання у формі, зручній для спостереження.

Звичайно детектор, елементи його включення (вмонтування) в схему електроживлення, пристрій, який перетворює вихідний ефект (спалахи світла) в електричний сигнал, конструктивно розташовані в окремому блоці, який кабелем з'єднаний з вимірювальною схемою, що знаходиться на пульті.

Такий блок отримав назву «блок детектування» (БД), а пристрій з вимірювальною схемою – «Вимірювальний блок» або «Вимірювальний пульт». У деяких зразках ВДА вимірювальний пульт може мати вбудований блок детектування з більш грубим детектором, ніж у зовнішнього БД.

Елементи схеми електричного живлення приладу також розташовуються в окремому блоці. Цей блок одержав назву «Блок живлення» (БЖ). Таким чином, загальна структурна схема дозиметричного приладу може бути описана в такому вигляді (рис. 1.39).

Залежно від типу детектора і виду вимірюваної дозиметричної величини електронні вимірювальні схеми військових дозиметричних приладів розділяються на вимірювачі постійного струму (ВПС), вимірювачі заряду – електрометри, вимірювачі середньої частоти імпульсів (ВСЧ) і лічильники імпульсів.

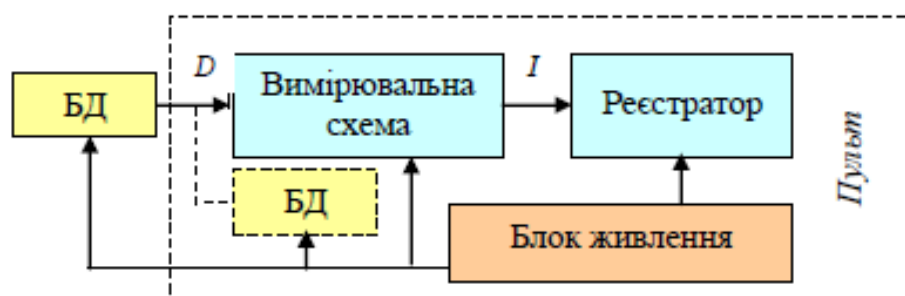


Рис. 1.39. Загальна структурна схема дозиметричного приладу

**Вимірювачі постійного струму** використовуються для вимірювання малих струмів ІК у вимірювачах потужності експозиційної дози випромінювання.

**Вимірювачі заряду – електрометри** призначені для вимірювання малих зарядів ємності ІК дозиметрів.

**Вимірювачі середньої частоти імпульсів** призначені для визначення середнього числа імпульсів за одиницю часу, що надходять на вхід, і використовуються для вимірювання потужності експозиційної дози.

У найпростіших вимірювачах визначення потужності експозиційної дози може здійснюватися без посилення вхідних імпульсів.

**Лічильники імпульсів** використовуються для лічби імпульсів детекторів у перерахункових установках, призначених для визначення радіоактивного зараження води, продовольства та фуражу.

Електричне живлення дозиметричних приладів здійснюється, як правило, від автономних джерел електроенергії – сухих елементів або акумуляторів бортової мережі рухомих об'єктів. Для одержання високої напруги, необхідної для живлення детекторів, електронних ламп, транзисторів і індикаторних пристроїв, використовуються перетворювачі напруги на транзисторах, що перетворюють низьку постійну напругу сухих елементів або акумуляторів у постійну високу напругу.

### Особливості побудови блоків детектування

Як зазначалось раніше, блоком детектування (БД) для вимірювання іонізуючих випромінювань називають конструктивно самостійно оформлений пристрій, що сприймає інформацію про поле іонізуючих випромінювань і трансформує її в електричні сигнали.

Блок детектування, як правило складається з одного або декількох детекторів, каскаду зв'язку або узгодження з вимірювальною частиною приладів і інших спеціальних електронних та конструктивних вузлів і деталей (рис. 1.40).

Відповідно до цього для характеристики БД ВДА використовуються ті ж поняття і параметри, що і для детекторів ІВ. Для визначення оптимальності застосування в конкретній ВДА даного типу детектора необхідно, насамперед, мати критерії, за якими можна було б здійснювати відповідний добір і вибір.

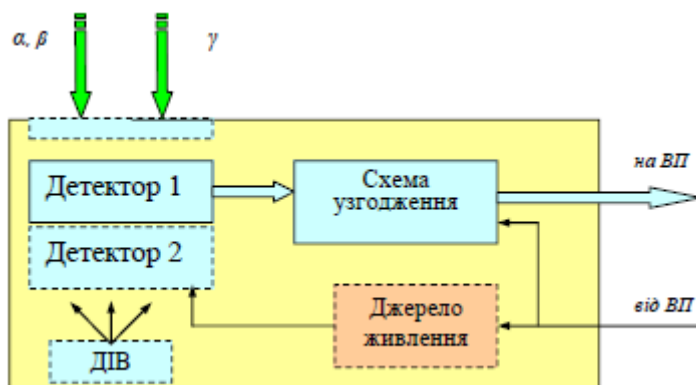


Рис. 1.40. Загальна структура БД військової дозиметричної апаратури

Першим і найважливішим фактором придатності детектора в приладі є можливість одержання за його допомогою необхідної та достатньої інформації про поле випромінювання. Причому це прямо пов'язано з жорсткими часовими рамками проведених заходів.

Другим критерієм для добору типу детектора є його застосування в даних умовах експлуатації приладу. У зв'язку з тим, що з уведенням у БД додаткових конструктивних і електронних елементів, вплив кліматичних і механічних факторів на детектор може бути істотно змінено, ця вимога пов'язана з критерієм добору детекторів за складністю і вартістю електронного обладнання, необхідного для подальшого оброблення інформації, а також живлення БД.

Таким чином, оптимальним типом детектора для приладів ВДА будемо вважати детектор, що дозволяє одержати необхідну інформацію про поле або джерело випромінювання (залежно від розв'язуваних приладом завдань), у разі задоволення експлуатаційних вимог при мінімальних розмірах і вартості електронної частини приладу.

Під час вирішення завдань радіаційної розвідки місцевості до бортових і авіаційних приладів розвідки висуваються такі вимоги:

- вимірювання рівнів ПЕД гамма-випромінювання (Р/год);
- висока швидкодія видачі інформації з детекторів (відновлення інформації).

Усім перерахованим вимогам щонайкраще в силу специфіки ведення розвідки, як на визначеній швидкості, так і на визначених висотах, відповідають іонізаційні камери (ІК), що працюють у режимі «заряд-розряд» (ДП-3Б, ИМД-21, ПРХР). Перспективним детектором для приладів даного класу є напівпровідникові детектори (ИМД-31), що володіють великим обсягом інформації ІВ.

На переносні прилади радіаційної розвідки (ДП-5В, ИМД-5, ИМД-1), крім їхніх основних завдань (вимірювання рівнів ПЕД у Р/год на місцевості), покладене завдання контролю радіаційного зараження озброєння, техніки, особового складу, майна, що дозволяє робити не тільки вимірювання ПЕД у діапазоні мР/год, але і виявляти наявність бета-забруднення. Важливість вимірювання малих значень величин ПЕД гамма-випромінювання пов'язана, в першу чергу, з необхідністю контролю повноти проведення дезактивації і санітарної обробки, а також визначення норм споживання заражених продуктів харчування. Тому, в так званих рентгенометрах-радіометрах, традиційно використовуються як детектори ІВ – газорозрядні лічильники (ГЛ), налаштовані на різні діапазони, а також спеціальна конструкція поворотних екранів БД для виявлення бета-забруднення. Для таких БД висуваються додаткові вимоги:

- висока чутливість;
- стабільність роботи;
- значна величина вихідного сигналу;
- порівняно низькі робочі напруги.

Проста конструкція (реєструвальних схем), малі габарити і зручність в експлуатації вигідно відрізняють ГЛ у приладах даного класу від інших типів детекторів.

Радіометрична апаратура (ИМД-12) також вирішує суто специфічні завдання, пов'язані з лабораторними вимірами ступеня зараженості радіоактивними речовинами продуктів харчування, води, фуражу, з метою встановлення режимів їхнього споживання. Вимірювання як поверхневої, так і питомої активності альфа- і бета-випромінювань фактично зводиться до визначення кількості частинок, зареєстрованих детектором БД за заданий проміжок часу, з наступною інтерпретацією отриманих результатів. Тому основне питання проектування радіометричної апаратури – це забезпечення необхідної точності вимірювання щільності потоку, що безпосередньо пов'язано з забезпеченням досить високої чутливості БД як до альфа- так і до

бета-випромінювань, так і захистом детекторів від забруднення і дії світла, без зниження ефективності реєстрації. Це змушує використовувати детектор, який має властивість реєструвати ІВ будь-яких видів (тобто універсальний) із найбільшою вибірковою здатністю (тобто виділення визначеного виду випромінювання на фоні інших). Відомо, що найбільшою ефективністю реєстрації альфа-, бета-випромінювань на фоні гамма-випромінювання володіють саме сцинтиляційні лічильники, у яких залежно від типу детектора, ефективність може складати десятки відсотків. Перспективним детектором для приладів даного класу є напівпровідникові детектори, що характеризуються:

- високою чутливістю;
- малими габаритами (можливість створення точкових детекторів із низькою робочою напругою);
- можливістю використання для спектрометрії ІВ (тобто встановлення спектрального складу гамма-випромінювання).

У більшості сучасних військових приладів радіаційної розвідки і контролю БД є уже самостійним функціонально-закінченим блоком, який має власний блок живлення (ИМД-1) для живлення детекторів.

Для періодичної перевірки працездатності, стабільності роботи і градування ВДА часто застосовують:

1. Генератори електричних імпульсів.
2. Вбудовані (див. рис. 3.3) і зовнішні контрольні джерела ІВ.
3. Вимірювання фонового випромінювання.

Перевірка за рівнем фона займає багато часу і не забезпечує достатньої вірогідності контролю. Застосування генераторів електричних імпульсів дозволяє перевірити лише параметри електронної схеми, не надаючи даних про справність БД. Тому найбільш перспективним напрямком перевірки справності ВДА є введення контрольних джерел ІВ (рис. 1.41).

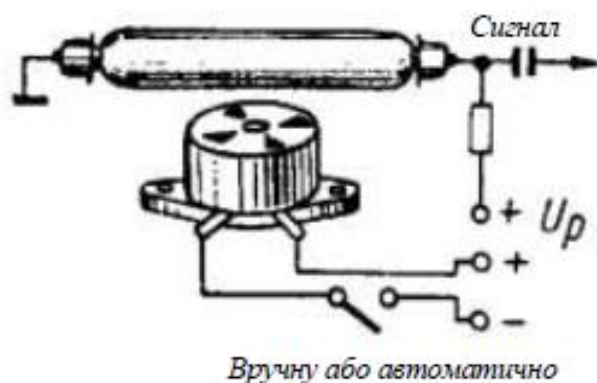


Рис. 1.41. Схема дистанційної перевірки справності ВДА

Для забезпечення сталості геометричних умов опромінення детекторів, а також зручності експлуатації контрольне джерело в приладах радіаційної розвідки і контролю радіоактивного зараження вводять безпосередньо в конструкцію БД (ДП-64, ДП-5В, ИМД-5, ИМД-1, ИМД-21). Для зведення до мінімуму можливого забруднення радіоактивними речовинами БД прагнуть



виготовити з матеріалів, що мають найменшу сорбуючу здатність, додаючи їм обтічної, зручної для дезактивації форми.

### **Вимірювальні схеми**

Не зважаючи на структуру дозиметричного приладу, основне завдання вимірювальних схем пов'язане з визначенням кількості сигналів, що надходять від детектора, або кількості електрики, що протікає в ланцюгу детектора. Ці дані подаються у формі вихідної інформації вимірювальних схем  $I$ . Зв'язок вихідної інформації вимірювальних схем із вхідною  $D$  установлюється вимірювальною характеристикою  $I=f(D)$  (часто її називають лічильною характеристикою). Із вимірювальною характеристикою пов'язаний такий параметр, як чутливість ( $dI/dD$ ). Вимірювальна характеристика показує також, яким перетворенням піддається інформація у вимірювальному пульта. Лише в пристроях трьох типів – у лічильниках імпульсів, вимірювачах постійного струму й електрометрах – форма подачі інформації не змінюється.

Вимірювальна характеристика може бути лінійною і нелінійною. У вимірювальних схемах з лінійним зв'язком між вхідною інформацією  $D$  і вихідними показаннями  $I$  чутливості залишається постійною в межах усього діапазону вимірювання. Якщо вимірювальна характеристика нелінійна, чутливість не залишається незмінною: зазвичай вона зменшується від початкової ділянки характеристики до кінцевої.

Вимірювальній схемі з нелінійною вимірювальною характеристикою властива велика, у порівнянні з лінійними пристроями, похибка вимірювання, однак дозволяється вимірювати інформацію з детектора, що змінюється за величиною на кілька десяткових порядків. Із вимірювальних схем з нелінійною вимірювальною характеристикою найпоширеніші логарифмічні пристрої  $I=k \cdot \ln D$ . Чутливість вимірювальних схем дорівнює  $k/D$ , тобто знижується обернено пропорційно величині вхідної інформації.

Компромісним варіантом між лінійними і логарифмічними вимірювальними характеристиками буде лінійно-логарифмічна характеристика. У ній уся шкала розділена на кілька рівних ділянок (наприклад, за кількістю десяткових порядків, що перекриваються), так що межі цих ділянок відповідають відносним показникам 0, 10, 100, 1000 тощо. У межах однієї такої ділянки шкала є рівномірною (характеристика лінійна).

Таким чином, чутливість реєстратора залишається незмінною в межах однієї ділянки і знижується у визначене число разів (наприклад, у 10) під час переходу від ділянки до ділянки.

### **Вимірювачі постійного струму**

Вимірювачами постійного струму (ВПС) – називають електричні схеми, призначені для визначення миттєвої величини струму, який не змінює свого напрямку (полярності) і відносно повільно змінюється за величиною.

У ВДА знаходять застосування також два основних типи ВПС: аналогові і дискретні. Обидва типи ВПС використовуються в приладах, у яких детектори працюють в струмовому режимі. Застосування ВПС у ВДА викликано тим, що

струм детектора зазвичай дуже малий. Безпосереднє вимірювання такого малого струму реєструвальними пристроями, які використовуються в дозиметричних приладах, неможливо. Тому струм з детектора подається на вхід підсилювача постійного струму (ППС), який підсилює його в лінійній залежності в декілька ( $K_i$ ) десятків або сотень разів.

Тут  $K_i$  є коефіцієнтом підсилення. Тільки після цього струм вимірюється вимірювальним пристроєм. Таким чином, структуру ВПС (структурну схему) можна подати у такому вигляді (рис. 1.42).

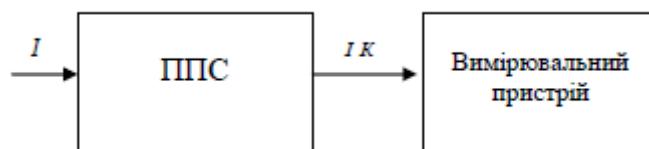


Рис. 1.42. Структурна схема ВПС

У ВДА знаходять застосування такі аналогові ВПС:

- вимірювачі з гальванічними зв'язками, у яких зв'язок ВПС з детекторами та іншими елементами схеми здійснюється через резистори без розділювальних конденсаторів (ПРХР);
- вимірювачі з перетворення вхідного сигналу, в якому постійний струм детектора перетворюється в змінний струм так, що амплітуда перемінної напруги пропорційна силі постійного струму (РАП-1).

ВПС з перетворюванням (модуляцією) вхідного сигналу в порівнянні з ВПС з гальванічними зв'язками має значно більшу чутливість (на два-три порядки), що є дуже важливою його перевагою, особливо, коли вимірювання потужності дози проводиться на значному віддаленні від джерела гамма-випромінювання, наприклад, під час ведення радіаційної розвідки місцевості з літальних апаратів.

Крім аналогових ВПС у ВДА знаходять також застосування дискретні (цифрові) ВПС, до яких належить, наприклад, вимірювальний пристрій ІД- 11 (ГО-32). У ньому для вимірювання постійного струму, пропорційного дозі випромінювання, використовується аналогово-імпульсний перетворювач, що перетворює постійний струм у послідовність імпульсів, кількість яких потім зчитується цифровою схемою лічення імпульсів.

ВПС можуть використовуватись не тільки для вимірювання слабкого струму, а значить, і пропорційних їм величин потужностей доз випромінювання, але також для реєстрації порогових значень величин потужності дози. У цьому випадку підсилений у ППС сигнал використовується для ввімкнення якого-небудь сигнального пристрою: лампочки, джерела звукового сигналу або якого-небудь виконавчого пристрою, які спрацьовують тоді, коли потужність дози досягає порогового значення (ПРХР).

Як правило, ППС будуються на спеціальних електрометричних лампах, які мають великий вхідний опір ( $\text{ЭМ-4-R}_{\text{вх}}=1011 \text{ Ом}$ ), але вони поступово витісняються польовими транзисторами з ізолюваним затвором, які мають великий вхідний опір близько  $1013\text{--}1015 \text{ Ом}$ . Це дозволяє використовувати їх у

схемах вимірювання дуже малих струмів. Транзисторний ППС відрізняється миттєвою готовністю до роботи, тому що не потребує часу для розігрівання катоду, має менші габарити, вагу і вартість, більшу економічність та надійність. Ці позитивні якості роблять схему з використанням польового транзистора дуже перспективною.

Цифрові схеми вимірювання постійного струму і заряду Цифровими називають такі вимірювальні схеми, в яких результат вимірювання постійного струму або заряду, що надходить на вхід схеми від детектора ІВ, подається в дискретній формі у вигляді цифр. У таких схемах безперервна шкала вимірювань замінена дискретною, для чого в схемі здійснюється перетворення аналогової величини в дискретну. Весь діапазон вимірювань, який безперервно змінює величину струму або заряду, розбивається на деяке число значень через визначені інтервали.

Відповідно до викладеного, основними елементами цифрових вимірювальних схем є аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) і рахункові цифрові пристрої.

Існує декілька методів аналого-цифрового перетворення. Для вимірювання постійного струму найбільш широко застосовується метод перетворення вимірюваної величини струму і за пропорційний інтервал часу  $t$  з наступним вимірюванням цього інтервалу цифровими способами. Це так названий час – імпульсний метод перетворення, що відрізняється відносною простотою і достатньою точністю вимірювання аналогової величини – інтервалу часу  $t$ .

Структурна схема цифрового вимірювача постійного струму, побудованого за таким методом наведена на (рис. 1.43). У цій схемі вимірюваний струм  $i_{ax}$  надходить на вхід ППС, куди надходить також струм  $i_{et}$  від еталонного генератора (ГЕС), який вмикається періодично, пилоподібним струмом  $\Gamma_1$ . Струм цього генератора лінійно наростає з часом  $t_0$ , а потім практично миттєво спадає до нуля, після чого процес повторюється. У той момент часу, коли два струми, що надходять на вхід ППС, стають рівними за величиною, спрацьовує пороговий каскад і відкривається ключовий каскад, через який на лічильну схему за час від початку відліку до моменту рівності вимірюваного та еталонного струмів проходить визначена кількість стандартних імпульсів відгенератора  $\Gamma_2$ .

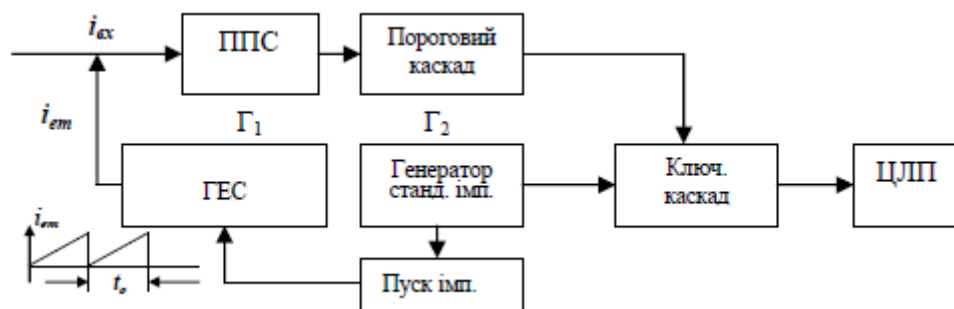


Рис. 1.43. Структурна схема цифрового вимірювача постійного струму

Кількість таких імпульсів пропорційна величині вимірюваного струму і реєструється цифровим лічильним пристроєм (ЦЛП), з якого і виводяться результати вимірювання в цифровій формі.

Запуск генератора пилоподібного струму повинен здійснюватися синхронно з виробленням чергового імпульсу генератором Г2, для чого з генератора Г2 на генератор Г1 подається запускаючий імпульс. Перед проведенням чергового вимірювання лічильник імпульсів встановлюється на нульове положення.

Для вимірювання заряду в цифрових електрометрах найчастіше використовується метод заряду вимірювальної ємності  $C_v$  струмом детектора  $i_d$  і розряду її, коли напруга на  $C_v$  досягне деякої порогової величини  $U_{пор}$ . Після розряду знову починається заряд ємності. Під час кожного спрацьовування цієї схеми від детектора надходить заряд, рівний  $q_0 = C_v U_{пор}$ .

Якщо число спрацьовувань, рівне  $N$ , то величина вимірюваного заряду може бути визначена як  $Q = q_0 N$ .

Структурна схема цифрового електрометра, побудованого за таким методом, наведена на рис. 1.44.

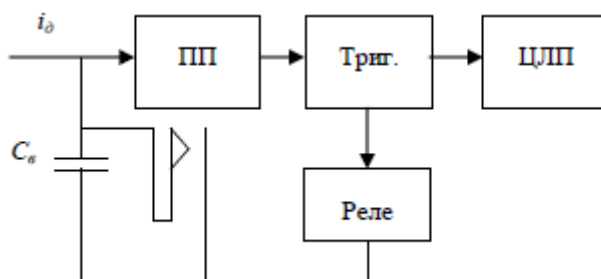


Рис. 1.44. Структурна схема цифрового електрометра

У цій схемі під час заряду вимірювальної ємності  $C_v$  до граничної напруги спрацьовує пороговий пристрій (ПП). Перепад напруги на виході порогового пристрою викликає спрацьовування тригера, у ланцюг якого ввімкнена обмотка реле. Під час замикання контактів реле вимірювальна ємність розряджається. Потім знову йде заряд конденсатора і всі процеси повторюються. Тригер тут використовується для забезпечення роботи реле і підвищення чутливості схеми. З виходу тригера імпульси подаються на цифрову лічильну схему (ЦЛП).

Цифрова вимірювальна схема використовується, наприклад, у пристроях реєстрації сумарної дози гамма- або змішаного гамма-нейтронного випромінювання, зареєстрованого радіофотолюмінесцентним дозиметром. Структурна схема цього пристрою приведена на рис. 1.45.

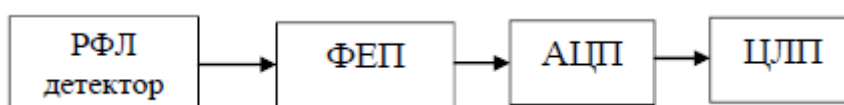


Рис. 1.45. Структурна схема цифрового вимірювача сумарної дози випромінювання

У цій схемі радіофотолюмінесцентний детектор – це фосфатне скло, активоване сріблом, яке після опромінення його гамма-нейтронним випромінюванням може люмінесцювати під дією ультрафіолетового світла. Інтенсивність люмінесценції при цьому пропорційна дозі випромінювання. Свічення РФЛ детектора за допомогою фотоелектронного помножувача (ФЕП) перетворюється в електричний струм, величина якого знаходиться в прямій пропорційній залежності від інтенсивності люмінесценції.

Блок АЦП є складною багатокаскадною схемою, за принципом роботи подібною до схеми на рис. 3.8. У ній струм ФЕП порівнюється зі струмом генератора пилкоподібної напруги і при рівності цих струмів спрацьовує чекаючий мультівібратор. Цей мультівібратор видає на ЦЛП деяке число каліброваних імпульсів, пропорційне вимірюваному струму, а значить і величині дози випромінювання.

Розглянута в даному параграфі цифрова форма подання результатів дозволяє вимірювати з достатньою точністю величини дози і потужності дози випромінювання, які змінюються в широких межах, що є важливою перевагою цифрових вимірювачів у порівнянні з аналоговими.

### Вимірювачі середньої частоти

Вимірювачами середньої частоти (ВСЧ) називаються електричні схеми, призначені для визначення середнього числа імпульсів, які надходять на їх вхід за одиницю часу. У ВДА знаходять застосування два основних типи ВСЧ:

- аналогові, які визначають кількість імпульсів, що надходять на вхід за одиницю часу і подають результат вимірювання у вигляді струму або напруги, пропорційно середній частоті вхідних імпульсів (ДП-5В, ПРХР);
- дискретні, що лічать кількість імпульсів, які надходять на їх вхід за одиницю часу і подають результат вимірювання в цифровій формі (ИМД-1, ИМД-12).

Обидва типи ВСЧ використовуються в вимірювачах потужності дози гамма-випромінювання, в яких детектори працюють у імпульсному режимі (ГЛ, ІК в режимі «заряд-розряд», сцинтиляційні лічильники).

Структурна схема ВСЧ аналогового типу наведена на рис. 1.46. Схема містить підсилювач – нормалізатор, усереднений пристрій та реєстратор.

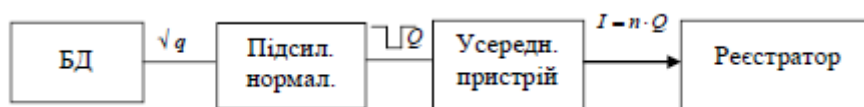


Рис. 1.46. Структурна схема ВСЧ аналогового типу

Підсилювач – нормалізатор здійснює підсилювання імпульсів з малим зарядом  $q$  і нормалізує їх за тривалістю та амплітудою, тобто на виході всі імпульси мають значний, практично однаковий за величиною заряд, рівний  $Q$ . Усереднений пристрій підсумовує заряди всіх нормалізованих імпульсів і перетворює в постійний струм, величина якого пропорційна частоті

нормалізованих імпульсів, тобто  $I = n Q$ . У ролі такого перетворювача використовується інтегруючий контур.

Струм інтегруючого контуру вимірюється вимірювачем струму – мікроамперметром, при цьому струм мікроамперметра буде у встановленому режимі відповідати середній частоті надходження імпульсів з блока детектування, а ця частота, як відомо, прямопропорційно залежить від потужності дози гамма-випромінювання, що впливає на детектор.

Таким чином, шкалу вимірювального приладу – мікроамперметра можна відградувати з урахуванням коефіцієнтів пропорційності в одиницях потужності дози – мікро-, мілі-, Рентген/год.

Типи ВСЧ розрізняються головним чином, за видом схеми, яка використовується для посилення і нормалізації вхідних імпульсів або відсутності останньої. У військових вимірювачах потужності дози використовуються такі схеми ВСЧ:

- проста струмова схема з ГЛ та інтегруючим контуром;
- схема з дозуючим конденсатором і нормалізатором імпульсів на тиратронах з холодним катодом;
- схема з дозуючим конденсатором і нормалізатором імпульсів на електронних лампах.

У простій струмовій схемі (рис. 1.47) ВСЧ відсутні посилення і нормалізація вхідного імпульсу, внаслідок чого схема знаходить застосування лише в найпростіших вимірювачах потужності дози – індикаторах ІВ.

Струмова схема складається з послідовно з'єднаних між собою ГЛ із опором навантаження  $R_n$ , інтегруючого контуру  $C_i - R_i$  з мікроамперметром  $\mu A$  і джерела живлення лічильника  $E$ . Газорозрядний лічильник є елементом схеми, що сприймає випромінювання. Під час влучення гамма-квантів в об'єм лічильника розвивається газовий розряд, а в його зовнішньому ланцюзі протікає короткочасний імпульс струму, що несе заряд, рівний  $q$ . Інтегруючий контур є паралельним з'єднанням конденсатора  $C_i$  та опору  $R_i$  з мікроамперметром. Розглянемо роботу схеми.

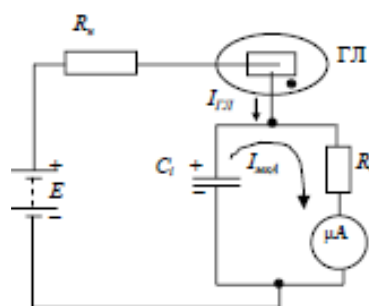


Рис. 1.47. Струмова схема ввімкнення лічильника, що використовується для вимірювання середньої частоти

У вихідному стані, коли випромінювання на ГЛ не діє, практично вся напруга джерела живлення прикладена до електродів лічильника, а напруга на

конденсаторі  $C_i$  дорівнює нулю. При цьому струм у ланцюзі лічильника не тече, напруга на контурі та струм мікроамперметра також дорівнюють нулю. Під час впливу випромінювання на ГЛ у його ланцюзі виникають короткочасні імпульси струму, частота проходження яких пропорційна потужності експозиційної дози випромінювання. Кожний з цих імпульсів підзаряджає конденсатор інтегруючого контуру, завдяки чому відбувається накопичення заряду на ньому і напруга на конденсаторі  $U_c$  поступово зростає (рис. 1.48). Вхідні імпульси напруги здійснюють заряд конденсатора інтегруючого контуру, проходячи через опір джерела напруги  $R$ .

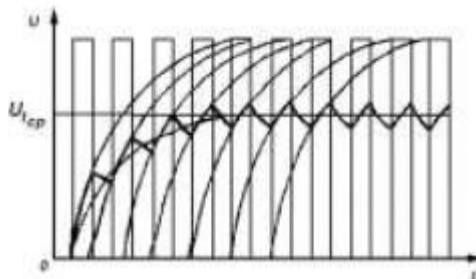


Рис. 1.48. Принцип роботи інтегруючого контуру

Для забезпечення процесу інтегрування стала часу ланцюга заряду  $\tau_3$  має бути дуже великою. Розряд конденсатора  $C_i$  відбувається через ввімкнений в інтегруючий контур опір  $R_i$ , величина якого більше величини опору джерела напруги ( $R$ ). Тому стала часу ланцюга заряду  $\tau_3 = R_i C_i$  буде менша за сталу часу ланцюга розряду  $\tau_p = R C_i$ . У момент надходження на вхід інтегруючого контуру імпульсу напруги його конденсатор почне заряджатися (рис. 1.48). У наслідок збільшення сталої часу ланцюга заряду напруга на конденсаторі не встигне досягти величини імпульсу до моменту його припинення.

Після припинення дії імпульсу конденсатор буде розряджатися і напруга на ньому зменшиться. Так, якщо розряд конденсатора відбувається повільніше, ніж заряд, то за час паузи в проходженні імпульсів конденсатор не встигне цілком розрядитися і до моменту приходу наступного імпульсу на ньому збережеться деяка напруга.

Другим імпульсом конденсатор зарядиться додатково вже до більшої напруги, ніж за першого, і після розряду в другій паузі на ньому збережеться більша напруга, ніж після першої. Приріст напруги на конденсаторі під час імпульсів відбувається за експонентним законом і буде більшим на початку процесу заряду конденсатора. По мірі заряду конденсатора збільшення напруги на ньому під дією імпульсу зменшується. Навпаки, зменшення напруги на конденсаторі під час паузи спочатку відбувається повільніше, а по мірі заряду конденсатора, коли напруга на ньому росте і пропорційно йому росте струм розряду, швидше. Після закінчення деякого часу з моменту надходження першого імпульсу на конденсаторі встановлюється режим динамічної рівноваги, за якого збільшення напруги під час імпульсу дорівнює зменшенню напруги під час паузи, і напруга на конденсаторі характеризується середньою величиною  $U_{ср}$  (рис. 1.48).

Таким чином, стала часу інтегруючого контуру  $\tau = R_i C_i$  вибирається такою, щоб вона була значно більшого періоду проходження імпульсів газорозрядного лічильника Т. Завдяки цьому інтегруючий контур перетворить дискретну величину – послідовність імпульсів – у безперервну – практично постійний струм або постійну напругу, величина яких пропорційна середній частоті проходження імпульсів.

Постійна напруга на контурі мала і може бути виміряна вольтметром з великим вхідним опором, наприклад, ламповим вольтметром.

Постійний струм вимірюється мікроамперметром, увімкненим в інтегруючий контур. Раніше було відзначено, що прості ВСЧ мають недостатню чутливість через те, що в схемі немає каскаду посилення, а заряд в імпульсі ГЛ малий. Відзначалася також значна похибка вимірювань, яка викликана частковою залежністю величини заряду в імпульсі ГЛ від напруги живлення.

Очевидно, що для ліквідації зазначеного недоліку необхідно здійснити посилення імпульсів лічильника за зарядом і нормалізацією (калібруванням) їх, за тривалістю та амплітудою для того, щоб кожен імпульс містив у собі однаковий заряд незалежно від зміни напруги на ГЛ.

Для виконання цих задач між лічильником і інтегруючим контуром вмикається спеціальний каскад, названий підсилювачем – нормалізатором вихідних імпульсів. Необхідно зазначити, що цей каскад може бути виконаний на різних активних елементах: вакуумних, газонаповнених або напівпровідникових приладах і зібраний за різними схемами, але призначення його у всіх випадках буде одним – посилення і калібрування імпульсів підзаряджаючих конденсаторів інтегруючого контуру.

Крім виконання зазначених функцій, у підсилювачі – нормалізаторі може здійснюватися зміна параметрів вихідного імпульсу (тривалості та амплітуди) з метою розширення діапазону вимірів частот проходження імпульсів, а значить і величин потужностей доз гамма-випромінювання.

Однією зі схем, що використовуються у ВДА для посилення і нормалізації імпульсів ГЛ, є схема ВСЧ із дозуючим конденсатором і нормалізатором імпульсів на безнакальних тиратронах. Усі пристрої цифрових приладів радіаційної розвідки і контролю складаються з елементарних логічних схем.

Відомо, що комбінація логічних елементів дозволяє: запам'ятовувати інформацію, перетворювати її, формувати і підсилювати сигнали.

Як пристрій, що запам'ятовує інформацію в елементах, використовують тригер – логічний елемент, що характеризується двома стійкими станами (рис. 1.49).

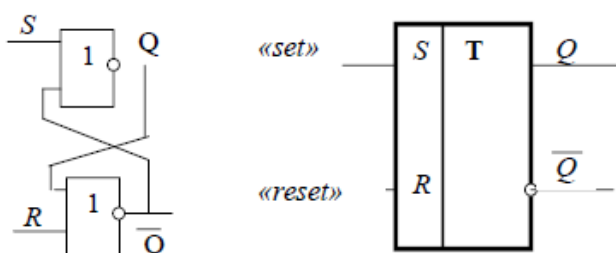




Рис. 1.49. Принципова схема RS-тригера з роздільною установкою 0 і 1

Для переключення тригера застосовують вхідні логічні схеми. Найбільше розповсюдження в цифрових вимірниках швидкості рахунка імпульсів одержали так названі Т-тригери (рахункові), що змінюють свій стан із приходом кожного вхідного імпульсу (рис. 1.50).

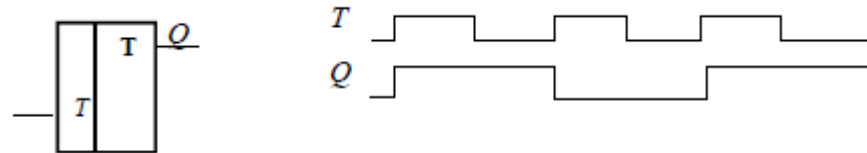


Рис. 1.50. Схема Т-тригера рахункового і його часові діаграми

На основі розглянутих тригерів і логічних схем реалізовані блоки і вузли цифрових вимірювачів потужності дози. До найбільш розповсюджених варто віднести регістри, лічильники, дешифратори, суматори й арифметично – логічні пристрої. Розглянемо роботу лічильника імпульсів – вузла, що підраховує кількість електричних імпульсів на його вході.

На рис. 1.51. наведено спрощену схему двійкового лічильника, побудованого на Т-тригерах, і діаграма напруг на виходах Q1-Q4 тригерів.

Після підрахунку 16 імпульсів на виході лічильника встановлюється код 0000. Вважається, що такий лічильник має коефіцієнт перерахування 16. Змінити коефіцієнт перерахування можна змінивши число тригерів або ввівши зворотні зв'язки між ними.

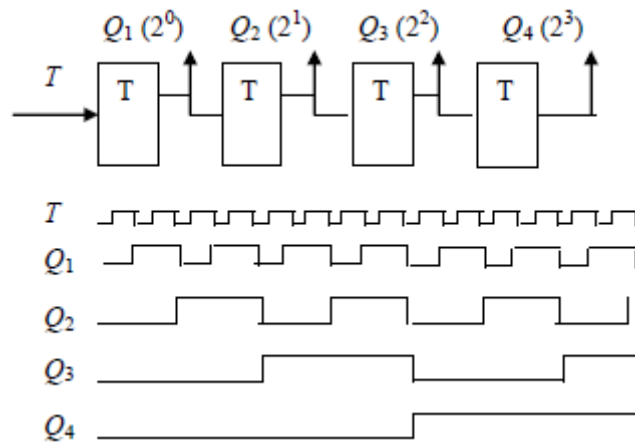


Рис. 1.51. Схема двійкового лічильника і діаграма напруги на виході

У дискретних ВСЧ реєструвальний пристрій являє собою цифрову лічильну схему, яка здійснює вимірювання загальної кількості імпульсів  $N$ . Усереднений пристрій забезпечує підрахунок протягом інтервалу часу  $t$ , так що середня частота їх надходження (слідування)  $n = N/t$ . Спрощена структурна схема такого реєструвального пристрою наведена на рис. 1.51.

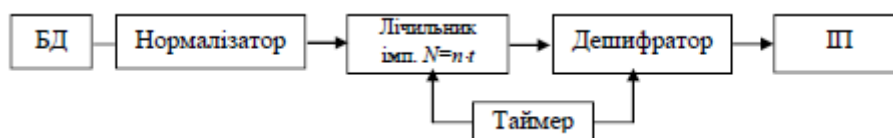


Рис. 1. 52. Спрощена структурна схема дискретних ВСЧ

Імпульси з БД, які пройшли через підсилювач – нормалізатор, надходять на лічильник імпульсів, який за певний час здійснює відлік кількості імпульсів, які надійшли на його вхід.

Часовий інтервал  $t$  надається схемою таймера, який генерує імпульс початку підрахунку й імпульс закінчення рахунку вхідних імпульсів в інтервалі часу  $t$ , які задаються оператором або автоматично.

Після закінчення часового інтервалу  $t$  лічильник припиняє відлік імпульсів, що надходять до його входу. Отримана інформація про кількість налічених імпульсів надходить на схему дешифратора, де формуються електричні сигнали, які надходять до цифрових індикаторних пристроїв.

На індикаторному пристрої (ІІ) відображається інформація у вигляді цифрового числа. Після закінчення вимірювання оператором або автоматично подається імпульс «скид» на всі елементи схеми перерахунку і приводить ці елементи і всю схему в початковий стан. Такий принцип вимірювання частоти надходження імпульсів використовується в приладах типу ИМД-1, ИМД-21, ИМД-12.

### Блоки живлення

Блоки живлення на основі перетворювачів напруги

Для роботи БД дозиметричних приладів, а також елементів вимірювальних схем цих приладів потрібна електрична енергія різних параметрів. Як правило, потрібна енергія постійного струму різних напруг.

Так, для живлення газорозрядних лічильників необхідна постійна напруга від 400 до 2000 В, для живлення сцинтиляційних лічильників необхідна напруга від 1500 до 3000 В з величиною струму від десятків до сотень міліамперів.

Такі напруги та струми одержують за допомогою спеціальних електричних схем, зведених в окремі блоки – блоки живлення (БЖ).

Вихідним джерелом електричної енергії для таких блоків слугують або хімічні джерела живлення у вигляді сухих елементів, акумуляторні батареї або мережі напруги 220 В, 50 або 400 Гц. Хімічні джерела живлення використовуються в переносних приладах радіаційної розвідки та контролю (ДП-5В), акумуляторні – у бортових приладах на машинах розвідки (ДП-3Б, ИМД-21Б, ИМД-31), мережна напруга – у стаціонарних приладах (ДП-64, ИМД-1С, ИМД-21С) та установках радіометричного контролю (ИМД-12). Структурна схема БЖ дозиметричних приладів має вигляд (рис. 1.53).

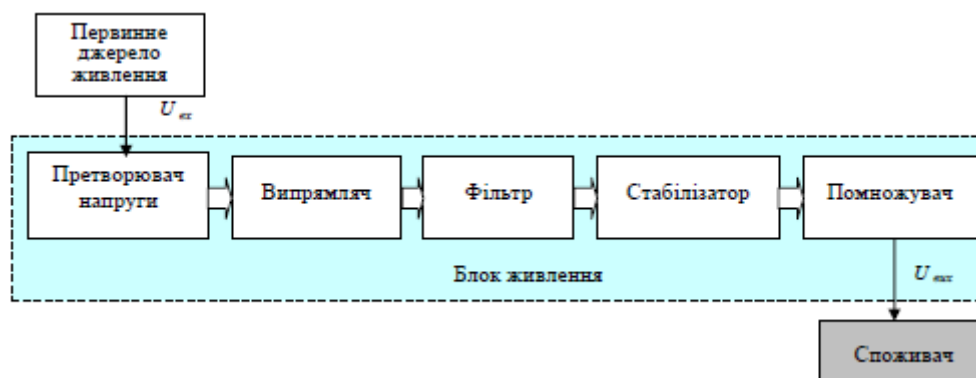


Рис. 1.53. Структурна схема блока живлення

Принцип роботи БЖ такий: із первинного джерела живлення (наприклад, з хімічного елемента) – постійна напруга 1,3 В надходить на схему перетворювача напруги, яка перетворить постійну напругу в пульсуючу напругу (наприклад позитивну) порядку 400 В. Далі ця напруга надходить на схему випрямлення та фільтрації, де всі пульсації прибираються.

Відфільтрована напруга надходить на схему стабілізації, яка стабілізує напругу, що надійшла, тобто робить його незмінним у часі.

У такий спосіб із виходу схеми стабілізації надходить позитивна стабілізована напруга 400 В, яку можна подавати на газорозрядний лічильник.

Якщо для живлення сцинтиляційного лічильника необхідна постійна стабілізована напруга 2000 В, то зі схеми стабілізації напруга 400 В надходить на схему помножувача, що посилює вхідну напругу в 5 разів, тобто збільшує її до 2000 В. Якщо на БЖ подається змінна напруга 220 В, 50 або 400 Гц, то вона, насамперед, знижується за допомогою знижувального трансформатора до 1,3 В, випрямляється й далі перетворюється так, як було показано вище. Аналогічним чином одержують напругу живлення для електронних ламп +150 В; +15 В; напівпровідникових елементів і мікросхем +5 В; +10 В тощо. У зв'язку з тим, що перетворювачі напруги широко використовуються в схемах усіх дозиметричних приладів, розглянемо принцип його роботи. Перетворювач напруги призначений для перетворення постійної напруги малої величини в постійну напругу великої величини.

Принцип перетворення напруги полягає в тому, що якщо через провідник протікає якийсь постійний струм і його раптово перервати, то за рахунок миттєвого зменшення струму від максимальної величини до нуля в провіднику наводиться ЕРС самоіндукції, що тим більша, чим менший час зміни струму в провіднику і більша його довжина. Як переривач використовується електронний ключ на лампі або транзисторі, що має високу швидкодію, а довгий провідник згортають у спіраль або обмотку котушки.

Частота переривання дорівнює звичайно декільком сотням або тисячам герц, тому сердечники перетворювальних трансформаторів виготовляються з магнітних матеріалів із великою індукцією насичення та малими втратами. ЕРС самоіндукції, яка з'явилася, можна значно збільшити або зменшити, використовуючи явище трансформації за допомогою підвищувального або

знижувального трансформатора. До того ж у вторинній обмотці такого трансформатора з'являється ЕРС взаємоіндукції значно вища або значно нижча за ЕРС самоіндукції, ніж у первинній обмотці.

Перетворювач напруги (рис. 1.54) містить у собі: релаксаційний блокінг-генератор, що перетворить постійну напругу джерел живлення на імпульсну в колекторній обмотці трансформатора блокінг-генератора; випрямляч, що пропускає в наступну частину схеми імпульси однієї полярності; фільтр, що згладжує ці імпульси та перетворює імпульсну напругу на постійну.

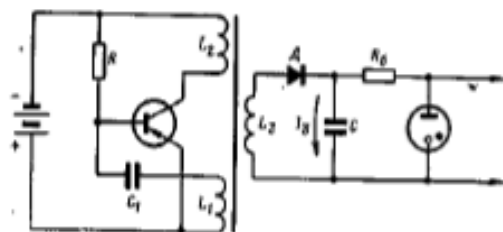


Рис. 1.54. Схема перетворювача напруги

Він може також містити в собі стабілізатор, що забезпечує постійність напруги на виході перетворювача. Перетворювач живиться від низьковольтних джерел (напругою близько 1,6–3,2 В). Розміщення джерел живлення в схемі перетворювача напруги спричиняє роботу блокінггенератора.

В обмотці  $L_2$  трансформатора блокінг-генератора виникає послідовність імпульсів змінної полярності, величина яких залежить від напруги джерел живлення. До того ж імпульс, що виникає в момент різкого спаду колекторного струму, значно більший за імпульс, що виникає за більш повільного процесу його зростання, і може досягти декількох десятків і сотень вольт. Трансформатор блокінг-генератора має підвищувальну обмотку з великою кількістю витків. Під час зростання та спаду колекторного струму, що протікає через обмотку  $L_2$ , у підвищувальній обмотці трансформатора  $L_3$  індукується електрорушійна сила  $E_3$ , величина якої більша за величину електрорушійної сили  $E_2$  в стільки разів, в скільки кількість витків обмотки  $L_3$  більше, ніж кількість витків обмотки  $L_2$ :

$$E_3 = E_2 (n_3/n_2) \quad 1.14$$

Таким чином, в обмотці  $L_3$  утворюються імпульси електрорушійної сили в декілька тисяч вольт. До кінців обмотки  $L_3$  підключаються послідовно випрямляч  $D$  і конденсатор  $C$ . Випрямляч умикається так, щоб імпульси великої величини, що виникають у підвищувальній обмотці трансформатора в момент припинення колекторного струму, проходили через нього та заряджали конденса-

тор. Під час паузи конденсатор встигає незначно розрядитися на навантаження, і кожен наступний імпульс відновлює на ньому заряд, причому величина струму заряду визначається за різницею між величиною заряджаючого імпульсу та величиною заряду конденсатора. Процеси зарядження та

розряджання конденсатора призводять до того, що напруга пульсує навколо деякого середнього значення.

Для згладжування цих пульсацій паралельно фільтрові підключається стабілізатор напруги. Усі ці зміни спричинені пульсаціями стабілізатора напруги, так само як і розрядом джерел живлення, будуть призводити лише до зміни струму, що протікає через стабілітрон, і відповідної зміни спадання напруги на опорі  $R_6$ . Напруга на стабілітроні, що подається на навантаження, залишається постійною (рис. 1.55). Більш ефективною, але й більш складною схемою перетворювача напруги є схема з двома електронними ключами, що працюють послідовно. Такий пристрій називається двотактним перетворювачем напруги. Під час роботи такої схеми у вторинній обмотці трансформатора з'являються імпульси напруги прямокутної форми обох полярностей, амплітуда яких перевищує напругу джерела живлення.

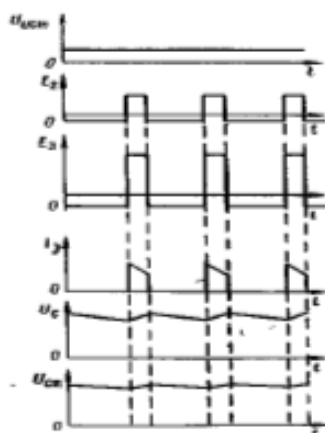


Рис. 1.55. Графіки зміни напруги та струму в схемі перетворювача напруги

Для перетворення таких імпульсів у постійну напругу використовуються двопівперіодні випрямлячі (бруківна схема), до яких далі підключається схема фільтрів, що згладжують (рис. 1.56).

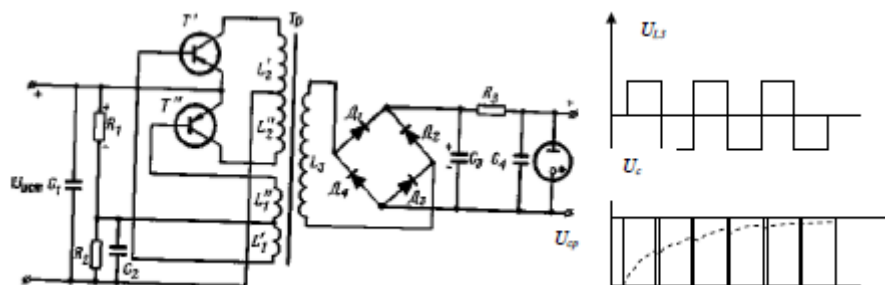


Рис. 1.56. Двопівперіодна схема перетворювача напруги

Перетворювачі напруги, що застосовуються в польовій дозиметричній апаратурі, створюють на виході постійну напругу близько 200–400 В, причому

в ряді випадків дозволяють одержати під час використання одного джерела живлення кілька різних напруг.

### Пристрій живлення на п'єзокристалі

Сухі елементи, що використовуються в даний час як первинні джерела живлення, мають обмежену електричну ємність і забезпечують живлення ВДА лише протягом обмеженого часу. Крім цього, сухі елементи мають обмежений термін збереження 6–18 місяців, що утрудняє їх експлуатацію та не дозволяє створювати довгострокових запасів. У приладах контролю радіаційного опромінення (вимірювачі доз) використовують п'єзоелементи для зарядки дозиметрів (рис. 1.57).

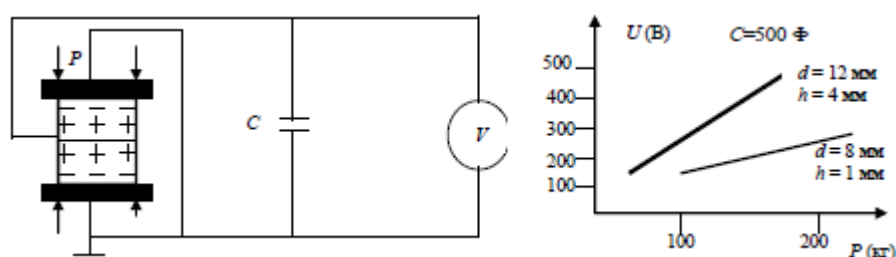


Рис. 1.57. Схема одержання напруги за допомогою п'єзоелемента та графік залежності напруги на п'єзоелементах від величини стискання

Якщо механічно стискати таблетки з п'єзокераміки зі зростаючим зусиллям  $P$  і вимірювати напругу  $U$  на підключеному до них конденсаторі  $C$  за допомогою електростатичного вольтметра (рис. 1.57), то вольтметр буде показувати зростання напруги на конденсаторі. У цій схемі дві таблетки п'єзокераміки, з'єднані паралельно, поміщені у футляр із фторопласту, що має відмінні електроізолювальні властивості та забезпечує мінімальний витік

На рис. 1.57 наведені графіки залежності напруги на п'єзоелементах від величини їх механічного стискання  $U = f(P)$  для різних геометричних розмірів елементів. З графіків видно, що залежність має прямолінійний характер і що величина заряду, створюваного п'єзоелементами, зростає зі збільшенням їх товщини та діаметра. Такий пристрій живлення має значно більший термін експлуатації та збереження, ніж хімічні джерела струму, має значно менші (у 5–10 разів) габарити та вагу та відрізняється великою простотою. Принципово можливе використання пристроїв живлення на п'єзокераміці в двох типах дозиметричних приладів:

- у комплектах індивідуальних дозиметрів як зарядні пристрої;
- у вимірювачах потужності дози гамма-випромінювання з ІК для живлення камер.

На рис. 1.58 наведено принципову електричну схему для заряду прямопоказуючих іонізаційних дозиметрів із використанням п'єзоелементів.

Схема відрізняється простотою, тому що містить усього два елементи: таблетку з п'єзокераміки з пристроєм для стискання та зарядне гніздо.

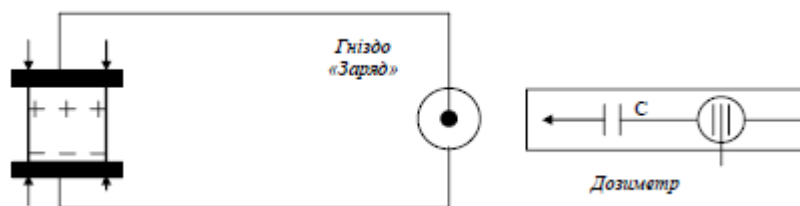


Рис. 1.58 Схема заряду прямопоказуючих дозиметрів із джерелом живлення на п'єзоелементі

Робота цієї схеми здійснюється в такий спосіб. Під час механічного стискання п'єзоелементів зі збільшенням зусилля на ньому з'являється електричний заряд, який подається потім до зарядного гнізда. Встановивши в зарядне гніздо прямопоказуючий дозиметр, за рахунок зміни стискання п'єзоелемента можна зарядити дозиметр, установивши нитку його електроскопа на поділку «Нуль» шкали.

На ІК дозиметра та конденсаторі, підключеному паралельно камері, установлюється необхідна робоча напруга. Зарядний пристрій конструктивно має містити блок п'єзоелементів, зарядно-контактний вузол і пристрій для стискання п'єзоелементів із механічним підсилювачем. Блок п'єзоелементів, так само як і зарядно-контактний вузол, має бути герметичним, як це зроблено в зарядному пристрої ЗД-6 (ІД-1). Механічний підсилювач може бути виконаний у вигляді гвинтового, клинового або підйомного механізму.

Таким чином, із використанням п'єзокераміки може бути виготовлений малопотужний зарядний пристрій для дозиметрів, у яких в якості детектора використовується іонізаційна камера.

### **Радіаційна стійкість військової дозиметричної апаратури**

Поняття про радіаційну стійкість військової дозиметричної апаратури

Військова дозиметрична апаратура побудована з використанням електрорадіовиробів (ЕРВ). Це електронні лампи, напівпровідникові вироби (діоди, транзистори, тиристори та ін.), інтегральні мікросхеми, резистори, конденсатори, різноманітні трансформатори, дроселі тощо, які з'єднуються до купи в електричні схеми за допомогою різних провідників.

На працездатність електричних схем приладів великий вплив мають іонізуюче випромінювання (ІВ), електромагнітне випромінювання (ЕМВ) ядерного вибуху, а також випромінювання, яке виникає під час роботи ядерних енергетичних установок і космічного випромінювання.

Вплив ІВ та ЕМВ може суттєво змінити характеристики електронних приладів, привести до зворотніх та незворотніх змін їх працездатності.

Враховуючи це, під час проектування військової дозиметричної апаратури (ВДА) необхідно вживати відповідних заходів для зменшення або повної нейтралізації шкідливих наслідків впливу радіаційних факторів.

Під радіаційними факторами розуміють явища або процеси, які є зовнішніми щодо об'єктів, апаратури та ЕРВ. Вони викликають або можуть викликати зміну (втрату) їх працездатності в процесі експлуатації.

Здатність ВДА ефективно протистояти впливу радіаційних факторів, не змінюючи своєї працездатності, характеризує радіаційну стійкість ВДА.

Показник радіаційної стійкості – це мінімальний рівень ІВ-ЕМІ, який впливає на об'єкт, за якого ще виконуються критерії радіаційної (електромагнітної) стійкості об'єкта, тобто здійснюється безвідмовна робота апаратури.

Як відомо, ІВ поділяється на корпускулярне (альфа-, бета-, нейтронне-випромінювання і уламки поділу ядер) та електромагнітне (гамма-, рентгенівське, світлове випромінювання та електромагнітний імпульс).

Унаслідок слабкої проникаючої здатності альфа-, бета-, випромінювання і уламків поділу ядер, їх впливом на ВДА можна знехтувати.

Світлове випромінювання впливає, переважно, на поверхню об'єкта (нагрівання), що визначає досить прості методи захисту, тому під час розгляду радіаційної стійкості ними теж можна знехтувати.

Таким чином, на радіаційну стійкість ВДА впливають гамма-, нейтронне-випромінювання, а також ЕМІ ядерного вибуху.

Вплив на апаратуру може продовжуватись від декількох секунд – імпульсні види випромінювання (ядерний вибух) і протягом тривалого часу (радіаційна розвідка, робота реактора, космічний політ) – безперервне випромінювання.

Для того щоб визначити радіаційну стійкість ВДА та вжити необхідних заходів для її підвищення, необхідно розуміти всі процеси, які відбуваються в електрорадіовиробах, колах, пристроях, схемах в цілому, що виникають під впливом ІВ та ЕМІ і вжити всіх заходів для ліквідації або зменшення їх шкідливої дії.

Під час дії ІВ та ЕМІ на ЕРВ (електрорадіовироби) у них виникають різні зміни, які впливають на технічні характеристики цих виробів. Зміни ці дістали назву «радіаційний ефект».

Прийнято виділяти такі радіаційні ефекти: іонізаційний; зміщення; перенесення заряду.

Ефект зміщення – це фізичне пересування атомів зі свого нормального стану (положення) в кристалічній решітці матеріалу. Такі пересування супроводжуються виникненням структурних дефектів кристалічної решітки.

До найпростіших із них належать вільні положення в решітці (вакансії) і додаткові атоми між її вузлами (міжвузлове проникнення). Як правило, найпростіші дефекти в матеріалах провідників є нестійкими та можуть релаксувати (зменшуватись), повертаючись до початкового положення після припинення опромінення.

Але в матеріалах через деякий час після опромінення можуть виникнути й складні дефекти (асоціації різних дефектів між собою або різними домішками, або дефектами ґратки), які можуть існувати тривалий час.

Під час опромінення електронами та фотонами з енергією, нижчою за 1 МеВ виникають, як правило, найпростіші дефекти. Опромінення нейтронами,



протонами і бета-частинками більш високих енергій супроводжується, як правило, появою складних дефектів.

Таким чином, ефекти зміщення залежно від характеру ІВ, яке впливає на матеріал, можуть бути короткочасними та тривалими.

Короткочасні виявляються у зворотних змінах параметрів об'єктів і характерні для імпульсного опромінення.

Тривалі виявляються в незворотній зміні різних параметрів матеріалу, яка зберігається після опромінення.

В електронних схемах, вузлах і пристроях ефекти зміщення впливають, в основному, на роботу напівпровідникових приладів, оскільки призводять до суттєвих змін часу життя неосновних носіїв, їх концентрації і рухливості, що залежать від рівня випромінювання.

Ефекти переносу заряду обумовлені передачею кінетичної енергії ІВ вторинним частинкам. Ці ефекти виявляються у вигляді струмів, які не можуть встановитися, а також захопленого діелектриком заряду.

Під час пересування вторинних заряджених частинок (наприклад, комптонівських електронів – комптон-ефект) або протонів віддачі (система нейтрон-водень), створюються електричні і магнітні поля, або в приладах починають текти невстановлені струми, величина яких залежить від потужності дози опромінення. До того ж можлива поява фальшивих сигналів, порушення електричної міцності вхідних і вихідних кіл, що призводить до їх перегорання.

Заряд, перенесений вторинними частинками в непровідну область (у діелектрик), може знаходитись там протягом тривалого часу. Цей заряд залежить від інтегрального потоку частинок (дози опромінення). Усе це призводить до зміни параметрів виробу (наприклад, конденсатора), що, у свою чергу, буде впливати на працездатність вузла або схеми, яка включає в себе цей виріб.

Іонізаційні ефекти – явища, викликані низькоенергетичними зарядженими носіями, які виникають упродовж траси або траєкторії руху як первинних, так і вторинних іонізуючих частинок. Ці носії витрачають свою енергію на утворення електронно-іонних пар. Кількість електронно-іонних пар, що утворюються незалежно від виду первинних частинок, визначається тільки кількістю енергії, яка виділяється на іонізацію. Так, якщо в напівпровіднику на утворення пари носіїв електрон-дірка витрачається від 3 до 10 еВ, то під час передачі енергії, наприклад, бета-частинкою, напівпровіднику, що дорівнює 1 МеВ, утворюється близько  $3 \cdot 10^5 - 1 \cdot 10^6$  пар носіїв електронів-дірок.

Іонізаційні ефекти виявляються у вигляді перехідних ефектів (ефектів вільних носіїв), проміжних релаксаційних, а також довготривалих ефектів захоплених носіїв і хімічних ефектів (утворення нових хімічних речовин).

Перехідні ефекти пов'язані з утворенням вільних носіїв, середня тривалість життя яких у напівпровіднику лежить у межах  $10^{-9} - 10^{-5}$  с.

Тому щільність вільних носіїв, залежно від співвідношення між тривалістю імпульсу випромінювання і часом життя носія, залежить або від дози, або від потужності дози випромінювання.

Від кількості вільних носіїв залежить зміна електрофізичних характеристик матеріалу (наприклад, питомий опір матеріалу, діелектричні втрати тощо), а також формування в зовнішніх колах ЕРВ приросту струму.

Оскільки носії заряду мають високу рухливість, то вони досить швидко рекомбінують, їх рівноважні концентрації швидко зникають після припинення опромінення. А це викликає припинення дії іонізаційного ефекту.

Крім того, на роботу напівпровідників (НПП) може впливати витік струму в повітрі між електродами, який виникає під час іонізації. У деяких випадках цей ефект може стати визначальним для приладів із малою (нижчою за 10-13–10-14 А.с.р-1) чутливістю до гамма-випромінювання.

Таким чином, іонізаційні ефекти в ЕРВ під час дії гамма-нейтронного випромінювання, викликають утворення надмірних зарядів, поява яких у діелектриках та ізоляторах знижує їх ізолювальні властивості, призводить до виникнення струмів витікання, а в напівпровідниках – до утворення іонізаційних струмів. Унаслідок цього, виникають зворотні зміни параметрів апаратури, яка знаходиться у ввімкнутому стані, що може призвести до тимчасової втрати її працездатності за фальшивим спрацюванням, збоями та зникненням корисного сигналу.

### **Ефекти, викликані дією ЕМІ**

У реальних умовах роботи ЕРВ у складі апаратури, на них можуть впливати безпосередньо магнітні поля (електромагнітні поля) різної форми та напруженості, імпульсні електричні напруги та струми, наведені полем ЕМІ на схемних з'єднаннях та в самих приладах. До того ж у схемах, окремих елементах приладу можуть з'являтися явища, які будуть змінювати їх характеристики, визначаючи працездатність усього приладу (апаратури) в цілому. Виходячи з цього, стійкість ЕРВ та апаратури в цілому до дії ЕМІ визначається двома показниками:

- стійкістю до впливу електричних і магнітних полів;
- стійкістю до імпульсів напруги, що прикладаються (імпульсна електрична стійкість).

Це означає, що в процесі або після дії імпульсної напруги заданої форми та потужності, вироби й матеріали виконують свої функції та зберігають необхідні параметри в межах попередньо встановлених норм.

І взагалі, під час дії ЕМІ на вироби електронної техніки мають місце такі ефекти:

- проникнення ЕМІ в середину корпусів і спотворення внутрішніх електричних та магнітних полів виробів;
  - виникнення ЕРС та струмів на корпусі, виводах, у металізації та інших провідних елементах;
  - дія на вироби електричних імпульсів, які приходять з інших елементів ВДА.
- Ступінь впливу цих ефектів на працездатність ЕРВ неоднакова.

Найбільший вплив на працездатність виробів мають імпульсні напруги, наведені ЕМІ на протяжних з'єднувальних лініях, антенах і т. ін., електрично пов'язаних з цими виробами. У цьому разі можуть спостерігатися:

- пробої в р-п-переходах у НПП;
- пробій вакуумних і газонаповнених проміжків;
- розплавлення та обривання струмоведучих доріжок, місць спайки (зварювання) проводів через термо- та електродинамічні напруги;
- збої в роботі та поява фальшивих сигналів.

Під час впливу потужних і коротких імпульсних напруг можливі пробої ізоляційного матеріалу, зміна параметрів діелектриків, які мають незворотний характер, що призводить до повної відмови виробу. Наприклад, конденсатори, з'єднувальні кабелі тощо.

Пробої вакуумних і газонаповнених проміжків (ламп, тиратронів, розрядників та ін.) мають зворотний характер і визначають тимчасову втрату працездатності виробу.

### **Особливості дії іонізуючого випромінювання та електромагнітного імпульсу на електрорадіовироби**

#### **Вплив ІВ та ЕМІ на напівпровідникові прилади та Інтегральні мікросхеми**

У більшості випадків порушення працездатності ВДА під час опромінення ІВ та впливу імпульсних ЕМ полів визначається, в основному, зміною параметрів НПП та ІМС.

Під дією гамма-імпульсів відбувається іонізація матеріалів НПП та середовища, яке його оточує, це у свою чергу, викликає виникнення короточасних міжелектродних провідностей і первинних фотострумів, які призводять до появи фальшивих електричних імпульсів на виході ключових та імпульсних схем. Так, для звичайних транзисторів, які використовуються в схемах ВДА за потужності дози  $10^6$  рад·с<sup>-1</sup> та напруги колектор-бази 10 В, первинний фотострум буде дорівнювати приблизно 8,6 мА. Цей струм лінійно залежить від потужності дози до  $10^8$ – $10^9$  рад·с<sup>-1</sup>, і за більш високої потужності дози ця залежність може бути нелінійною.

Протікання фотострумів у колах транзисторів може призвести до зміни стану ключових схем, появи фальшивих сигналів в аналогових схемах, нагрівання, яке призведе до короточасної зміни параметрів НПП.

Під дією імпульсів нейтронів змінюються основні параметри НПП. Це відбувається, в основному, за рахунок появи дефектів в структурі напівпровідникового матеріала, а за високих енергій нейтронів – за рахунок вторинної іонізації НП-матеріалу.

Наприклад, зміна параметрів матеріалу НП діода призводить до зміни його вольт-амперної характеристики.

Інтегральні мікросхеми складаються з великої кількості транзисторів діодів, які є найбільш «слабким» місцем щодо дії ІВ, тому що в них активно проходять раніше розглянуті процеси.

Так, під час дії імпульсного ІВ – гамма-випромінювання – в ІМС генеруються фотоструми, що призводять до зміни параметрів ІМС. Ось чому для підвищення радіаційної стійкості ІМС необхідно зменшити відношення кількості активних елементів (діодів, транзисторів) до кількості пасивних

(резисторів, конденсаторів); підвищувати їх універсальність; знижувати залежність вихідних параметрів ІМС від параметрів транзисторів, які входять до складу ІМС.

Електромагнітний імпульс ядерного вибуху, в основному, діє на комплектуючі деталі приладу. Через корпуси та кожухи приладів зовнішнє електромагнітне поле, ослаблене та змінене за формою, проникає в середину приладу, впливаючи на комплектуючі електрорадіовироби, викликаючи в них та схемах у цілому, небезпечні напруги та струми.

А це, у свою чергу, призводить до зміни параметрів ЕРІ або відмов у роботі НППІ та ІМС за рахунок вторинного теплового пробою. Мінімальна енергія ЕМІ, необхідна для руйнування транзисторів, становить  $10^{-5}$ – $10^{-3}$  Дж. Енергетичний спектр ЕМІ ЯВ має максимум близько  $10^{-6}$  Дж/м<sup>2</sup>, оскільки поверхня транзисторів та ІМС мала, близько часток см<sup>2</sup>, то руйнування їх від впливу ЕМІ ЯВ практично не відбувається. Але все ж у процесі дії полів ЕМІ характерні зворотні (тимчасові) зміни параметрів виробів, обумовлені наведеними напругами на їх конструкційних елементах.

Наприклад, під час спалаху блискавки в схемах радіоприймачів чутні характерні клацання, а на екранах ТБ – збій зображення.

### **Вплив ІВ та ЕМІ на радіокомпоненти**

У конструкціях ВДА широко застосовуються радіодеталі (резистори, конденсатори) і радіокомпоненти (трансформатори, дроселі та ін.). У цих виробках широко застосовуються різні метали та їх сплави, органічні діелектрики, пластмаси тощо. Найбільшого впливу зазнають високомолекулярні органічні діелектрики, в яких у момент опромінення та після нього, навіть за невеликих потоків і доз опромінення спостерігаються зміни основних фізико-хімічних властивостей.

Стійкі (незворотні) зміни електричних параметрів радіодеталей і радіокомпонентів відбуваються внаслідок порушення структури матеріалів, які в них застосовуються, і визначаються поглиненою дозою гамма-випромінювання, потоком нейтронів та їх енергетичним спектром.

Так, зміни енергетичних параметрів конденсаторів пов'язані з фізико-хімічними процесами в діелектриках, втратою герметизації через руйнування ущільнюючих вузлів. Гамма-нейтронне випромінювання викликає тимчасові та незворотні зміни ємності, опору ізоляції конденсаторів залежно від потужності дози випромінювання.

Для резисторів основним параметром є опір. Його зміна під час дії різних складових ІВ має специфічний характер. Так, дія нейтронів викликає в резисторовому шарі та підкладці резистора ефекти, які призводять до зміни загального опору резистора, що виявиться під час потоку нейтронів більшого за  $10^{16}$  н/см<sup>2</sup>.

Зміна опору резистора під дією імпульсного гамма-випромінювання обумовлюється іонізаційними процесами в матеріалах конструкції, резисторовому шарі та навколишньому середовищі. Ці зміни мають тимчасовий

характер і повторюють у часі форму гамма-імпульсу. Іонізаційні процеси виникають відразу ж після припинення опромінювання.

У трансформаторах і дроселях, з урахуванням їх конструкції та особливості роботи, за умов дії імпульсу ІВ будь-яких змін параметрів, що впливають на працездатність, немає. Але опір ізоляції зменшується в момент дії імпульсу на 6–7 порядків. Після припинення дії імпульсу ІВ, опір ізоляції відновлюється повністю.

Електромагнітні імпульси, впливаючи на резистори та конденсатори, можуть вивести їх із ладу. Основний механізм їх пошкоджень – це виникнення електричного пробою або дуги як ззовні, так і в середині виробу.

Стійкість до руйнування в різних типів конденсаторів різна. Так, електролітичні конденсатори мають значну стійкість, танталові – пошкоджуються за рівнів, близьких до рівнів пошкодження НПП.

Для електровакуумних і газорозрядних приладів вплив полів ЕМІ виявляється у вигляді напруг (струмів), наведених на виходах, траверсах та інших конструкційних елементах. Наслідком цього є порушення стійкості роботи газорозрядних приладів.

Усі електромагнітні компоненти, радіодеталі, НПП, інтегральні мікросхеми, з великою кількістю переходів найбільш уразливі під час дії ЕМІ. Таким чином, вплив ІВ та ЕМІ на електронні прилади та пристрої може викликати різні відхилення та збої у їх роботі або, за певних умов, вихід із ладу. Усе це повною мірою стосується і військової дозиметричної апаратури.

Тому вирішення завдання підвищення радіаційної стійкості ВДА під час використання її за прямим призначенням є дуже важливим під час проектування та виготовлення такої апаратури.

Шляхи підвищення радіаційної стійкості дозиметричної апаратури Для підвищення радіаційної стійкості апаратури використовують різні методи. Найбільш поширені з них:

1) застосування комплектуючих виробів, менш чутливих до дії ІВ. Це призведе до підвищення стійкості (радіаційної) апаратури в 5–10 разів;

2) вибір оптимальних конструктивно-технологічних методів виготовлення мікросхем. Це призведе до підвищення радіаційної стійкості до сумарної дози близько  $10^4$ – $10^6$  Гр і потужності дози близько  $10^7$ – $10^9$  Гр/с;

3) застосування поглинаючих екранів, заливок, покриттів, раціонального компанування приладів, за якої конструктивні елементи відіграють роль екранів тощо;

4) схематичний метод включає в себе: введення глибокого негативного зв'язку за постійним струмом для стабілізації режимів; компенсацію виникаючих фотострумів; захист від протікаючих надмірних струмів і виникаючих перенапруг; розробку схем, працюючих за значними змінами параметрів вхідних елементів і т.д. (побудування логічних каскадів із малим коефіцієнтом розгалуження – набагато меншим, ніж той, що допускається за нормами експлуатації);

5) структурні методи, які містять у собі: резервування компонентів апаратури зі зниженою радіаційною стійкістю; вимикання апаратури під час

опромінення з подальшим відновленням інформації, що заноситься в радіаційностійку пам'ять; зберігання управляючих програм в радіаційностійких оперативнотрансмісивних пристроях (ОЗП) і перенесення їх до ОЗП під час виникнення збоїв тощо;

б) вибіркоче випробування ВДА (її комплектів, і приладів у цілому) на радіаційну стійкість, виявлення та усунення елементів, що стали причиною виходу апаратури з ладу. Здійснення заходів щодо збереження радіаційної стійкості приладів супроводжується, як правило, підвищенням її вартості.

Наприклад, забезпечення рівня стійкості приладів до потоку нейтронів до  $10^{12}$  н/см<sup>2</sup> призведе до збільшення вартості апаратури на 20–30 %, тоді як забезпечення стійкості до потоку  $10^{15}$  н/см<sup>2</sup> – до збільшення вартості в 5 разів;

7) експлуатація ВДА (кожного приладу) за умов, чітко обмежених технічною та експлуатаційною документацією.

Аналіз технічних даних апаратури радіаційного контролю, яка знаходиться на озброєнні ЗС України, доводить, що ця апаратура досить радіаційно стійка, що дозволяє експлуатувати її в умовах застосування зброї масового ураження та, зокрема, ЯЗ.

Так, прилад ДП-3Б зберігає свою працездатність під час дії на нього гамма-імпульсу з потужністю  $1,4 \text{ Р} \cdot \text{с}^{-1}$  (5000 Р/год) і напруженістю магнітного поля  $H = 318,3 \text{ А/м}$ , а прилад ИМД-21 – відповідно за потужності дози гамма-випромінювання в імпульсі до  $2,7 \text{ Р} \cdot \text{с}^{-1}$  (10000 Р/год) і  $H = 398 \text{ А/м}$ . Якщо врахувати, що імпульс гамма-випромінювання під час ЯВ продовжується від 10 до 15 секунд, то на відстані від епіцентру ядерного вибуху потужністю 1 кт, яка буде безпечною для відкрито розташованого особового складу (800 м для повітряного вибуху, потужність дози гамма- випромінювання в імпульсі становитиме білизько  $10 \text{ Р} \cdot \text{с}^{-1}$ ).

Така величина імпульсу потужності дози гамма-випромінювання може вивести ці прилади з ладу, але під час розташування їх в інженерних укриттях, наприклад, щілинах, траншеях, окопах, у яких коефіцієнт ослаблення досягає 20, ці прилади зберігають працездатність.

Ці ж прилади зберігають працездатність і під час використання їх на зараженій місцевості з потужністю дози гамма-випромінювання до 5–10 тис. Р/год, що виникає на осі сліду радіоактивної хмари, хоча за таких умов ІВ особовий склад працювати з приладами не зможе.

Точність польових дозиметричних вимірів Дозиметрична апаратура використовується у військах як засіб здобуття одного з видів інформації необхідної командирі для управління військами.

Військові дозиметричні прилади призначені для здобуття вихідних даних, на основі яких оцінюється радіаційна небезпека. Оцінка здійснюється за схемою:

вимір дози чи потужності дози – визначення радіаційних втрат – оцінка зміни боєздатності підрозділу, частини. Вимірювальні можливості ВДА визначаються не тільки за діапазоном вимірювань, але й точністю останніх.

Результати вимірювань дози містять у собі інструментальні та методичні похибки. Перехід «доза – радіаційні втрати» вносить додаткові методичні похибки.

Інструментальна похибка визначає невідповідність між дозою або потужністю дози в точці вимірювань і показаннями приладу, детектор якого розміщений у цій точці. Ця похибка характеризує недосконалість приладу.

Вимірювана в даній точці доза (потужність дози) може істотно спотворюватися через вплив тіла людини або корпусу розвідувальної машини. Про потужність дози в деякій точці іноді роблять висновок за вимірюваннями, проведеними на відстані від неї. Це відбувається під час повітряної розвідки. Виникають похибки методу вимірювань.

За вимірюваннями в точці поля випромінювання визначають загальну дозу опромінення людини. Цей перехід є джерелом похибки екстраполяції.

Похибка екстраполяції виникає не тільки під час переходу від точки до об'єму, але й під час переходу від потужності дози до дози.

Командир або штаб, здобуваючи дані про дози опромінення й оцінюючи радіаційну небезпеку, заносить у результати такої оцінки похибку методу визначення радіаційних втрат.

Інструментальні похибки дозиметричних приладів дуже своєрідні порівняно з похибками, характерними для вимірювальної апаратури інших типів.

Основна похибка дозиметричного приладу визначається на градуювальних пристроях із точковим моноенергетичним джерелом випромінювання і за звичайних методів перевірки  $\epsilon$ , власне кажучи, похибкою градуювання двох-трьох поділок шкали кожного піддіпазону вимірювань приладу.

Вимірювачі потужності доз, детектори яких працюють у лічильному режимі, мають статистичну похибку, джерело якої – випадковий характер взаємодії ІВ з речовиною, що створюють чутливу зону детектора.

Чутливість вимірювання дози або потужності дози змінюється як під час зміни спектрального складу випромінювання, так і під час зміни напрямку, надходження випромінювання. Відповідно до факторів, що впливають, розрізняють похибку спектральної чутливості «хід із жорсткістю» і похибку анізотропії чутливості.

Кожний дозиметричний прилад має деяку інерційність у встановленні показань. Інерційність є джерелом динамічних похибок.

Зі звичайних додаткових похибок вимірювальної апаратури для військових дозиметричних приладів найбільш важливе значення мають температурна похибка та похибка, яка спричинена зміною напруги джерел живлення.

Деякі інші додаткові похибки можливі, але характерні для окремих видів апаратури.

Наприклад ФЕП, які використовуються в сцинтиляційних детекторах, чутливі до магнітних полів; показання приладів на негерметизованих ІК залежать від зміни атмосферного тиску тощо.

Під час визначення дози опромінення варто враховувати методичні похибки двох видів: методу вимірювання та екстраполяції результатів вимірювання. Джерелом похибок методу вимірювання є:

- вплив тіла людини, що робить вимірювання, на показання приладу;
- зміна ослаблення випромінювання середовищем, що знаходиться між джерелами випромінювання та детектором, за зміни спектрального складу випромінювання.

Результати вимірювання звичайно тлумачаться розгорнуто. Вважається, що доза опромінення, яка вимірюється дозиметром, що переноситься в кишені, є дозою опромінення особи, що носить цей дозиметр. За вимірюною потужністю дози складають прогноз можливих доз опромінення. Такі дії вносять у результат визначення доз похибки екстраполяції. Джерелами похибок екстраполяції є:

- неоднакове опромінення різних частин тіла людини;
- відмінність швидкості спаду рівнів радіації від розрахункової величини.

Показання дозиметрів в умовах «вільної атмосфери» можуть відрізнятися від показань у робочому стані, коли вони переносяться на тіло.

Тіло людини під час вимірювань екранує дозиметр і показання останнього зменшуються. Однак саме тіло є джерелом розсіяного випромінювання.

Вплив розсіяного випромінювання призводить до зростання показань дозиметра. Залежно від типу та конструкції дозиметра вплив тієї чи іншої причини може переважати. Испити дозиметрів, що вже випускаються, показують, що похибка дозиметра, що виникає за рахунок впливу тіла людини, може бути оцінена величиною  $\pm 20\%$ .

Детектори вимірювачів потужності доз, що переносяться, під час вимірювання віддалені від тіла оператора, що робить вимірювання, і, як правило, захищені від розсіяного випромінювання тіла конструктивними елементами приладу. Тому для вимірювачів потужності доз властиве екранування тілом.

Відомо, що спостерігач, що знаходиться біля приладу, за великої зони зараження зменшує показання на 10–50 %.

Радіаційна розвідка місцевості здійснюється на колісних і гусеничних машинах або літаках і вертольотах. Під час зміни спектрального складу випромінювання відбувається зміна ослаблення випромінювання середовищем, що знаходиться між джерелом випромінювання і детектором.

Поглинаючим середовищем під час наземної розвідки є маса розвідувальної машини, а під час повітряної – маса повітря та водяної пари, що знаходяться між зараженою поверхнею землі й літальним апаратом.

Зміна кратності ослаблення гамма-випромінювання масою машини під час розвідки місцевості за різних типів вибухів і на різний час після вибуху може досягати значної величини.

Похибки, що виникають під час ведення повітряної радіаційної розвідки через змінний коефіцієнт ослаблення гамма-випромінювання повітрям, можуть бути також істотними.



## РОЗДІЛ 2. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ РАДІАЦІЙНОЇ РОЗВІДКИ ТА КОНТРОЛЮ

### Глава 2.1. Технічні засоби радіаційної розвідки та контролю

#### Індикатор-сигналізатор ДП-64

Індикатор-сигналізатор ДП-64 призначений для постійного радіаційного спостереження за радіаційною обстановкою. Індикатор-сигналізатор ДП-64 застосовується в приміщенні чергового частини або на стаціонарних командних пунктах частин, з'єднань усіх родів військ.

При цьому пульт сигналізації встановлюється всередині приміщення, а БД – зовні приміщення (на даху, стіні, дереві тощо) на висоті 1 м від поверхні даху, землі.

Прилад працює в режимі спостереження і під час досягнення порогового значення потужності експозиційної дози (ПЕД), в 0,2 Р/год, забезпечує переривчасту сигналізацію. Інерційність спрацювання сигналізації не перевищує 3 с. Живлення прилада здійснюється від мережі змінного струму частотою 50 Гц, напругою 127 або 220 В, а також від акумуляторів з напругою 6 В. Час готовності приладу до роботи після вмикання – 30 с.

Потужність споживання від мережі не перевищує 3,5 Вт. У приладі передбачено можливість перевірки працездатності від внутрішнього бета-джерела.

До комплексу ДП-64 входять прилад, технічний опис та інструкція з експлуатації (в одній книзі), формуляр приладу, ЗП. Індикатор-сигналізатор ДП-64 (рис. 2.1) складається з пульта сигналізації 1, блока детектування 5 (з контрольним джерелом бета-випромінювання типу Б-8), з'єднувального кабелю 8 довжиною 30 м.

Пульт приладу складається з корпусу та кришки, яка кріпиться до нього шістьма гвинтами. На лицьовому боці корпусу зверху (в центрі) знаходиться 7 динамічна голівка ДЕМ-4 (рис. 2.1), ліворуч від якої розташовано тумблер 2 РАБОТА–КОНТРОЛЬ, кришку запобігача, тумблер ВКЛ–ВЫКЛ 3. Ліворуч розташовано сигнальну лампу 6 і інструкцію з роботи з приладом.

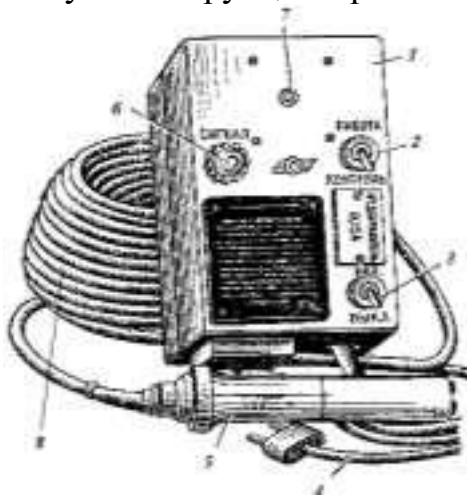


Рис. 2.1. Індикатор-сигналізатор ДП-64:

- 1 – пульт сигналізації; 2 – тумблер РАБОТА–КОНТРОЛЬ;  
3 – тумблер ВКЛ.–ВЫКЛ.; 4 – кабель живлення; 5 – блок детектування; 6 – сигнальна лампа; 7 – динамік типу ДЕМ;  
8 – з'єднувальний кабель

На нижньому боці корпусу встановлена плата для приєднання до блока детектування та від'єднання кабелю живлення приладу, який закінчується вилкою мережі та двома наконечниками для підключення до акумулятора.

Блок детектування складається з циліндричного корпусу, герметизованого за допомогою гумового кільця і накидної гайки (рис. 2.2).

Усередині блока детектування на спеціальному плато розташовано газорозрядний лічильник типу СБМ-20 1 і прикритий екраном бета-випромінювач 2 (стронцій-90), призначений для перевірки працездатності приладу.



Рис. 2.2. Блок детектування ДП-64:

- 1 – газорозрядний лічильник типу СБМ-20;  
2 – бета-випромінювач

Така конструкція приладу дозволяє йому залишатися працездатним в інтервалі температур від  $-5$  до  $+40$  оС з відносною вологістю повітря 90–95 % за температури  $+35$  оС, а блок детектування працездатний в інтервалі температур від  $-40$  до  $+50$  оС в умовах відносної вологості 95–98 % за температури  $+40$  оС. Прилад вібро- й ударостійкий, він може транспортуватися будь-яким видом транспорту.

Структурну схему приладу зображено на рис. 2.3.

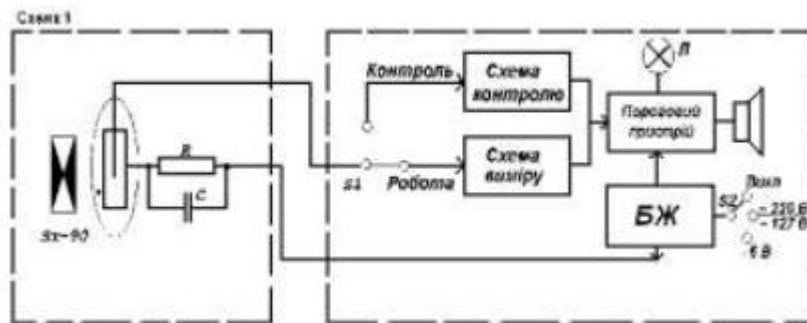


Рис. 2.3. Структурна схема ДП-64

Принцип дії полягає у наступному. Під час положення тумблера РАБОТА імпульси надходять на схему вимірювання, яка перетворює імпульси струму в постійну напругу, величина якої пропорційна частоті імпульсів струму, які надходять від газорозрядного лічильника, а значить, і прямопропорційна величині ПЕД, що впливає на лічильник. Ця напруга, у свою чергу, подається на вхід порогового пристрою, поріг спрацювання якого розраховано на величину напруги

відповідної ПЕД, яка дорівнює 0,2 Р/год. Під час спрацювання порогового пристрою замикається коло живлення сигнальної лампи та звукового сигналу ДЕМ-4М. Порогова схема побудована таким чином, що під час збільшення ПЕД частота спрацювання порогового пристрою збільшується.

Під час перевірки працездатності приладу перемикач ставиться в положення КОНТРОЛЬ. За відсутності гамма-випромінювання лічильник опромінюється слабким потоком бета-частинок джерела стронцій-90.

Генеруючі імпульси струму надходять на схему контролю, яка виконує ті ж функції, що і схема вимірювання. Поріг спрацювання схеми контролю є нижчим за поріг спрацювання схеми вимірювання у 7 разів, що обумовлює спрацювання цієї схеми під час опромінювання лічильника вмонтованим опромінювачем і виключає спрацювання схеми вимірювання від цього джерела.

Вихідна напруга зі схеми контролю надходить на схему порогового пристрою, викликає його спрацювання, тобто вмикання світлової та звукової сигналізації. Блок живлення забезпечує перетворення напруги, що подається на його вхід від мережі змінного струму 220 або 127 В, або від аккумулятора 6 В, в напругу, необхідну для живлення газорозрядного лічильника та порогової схеми.

Розглянемо будову і роботу складових частин приладу за електричною схемою. До складу електричної схеми входять (рис. 2.4):

- 1 – електрична схема блока детектування;
- 2 – електрична схема вимірювального пульта.

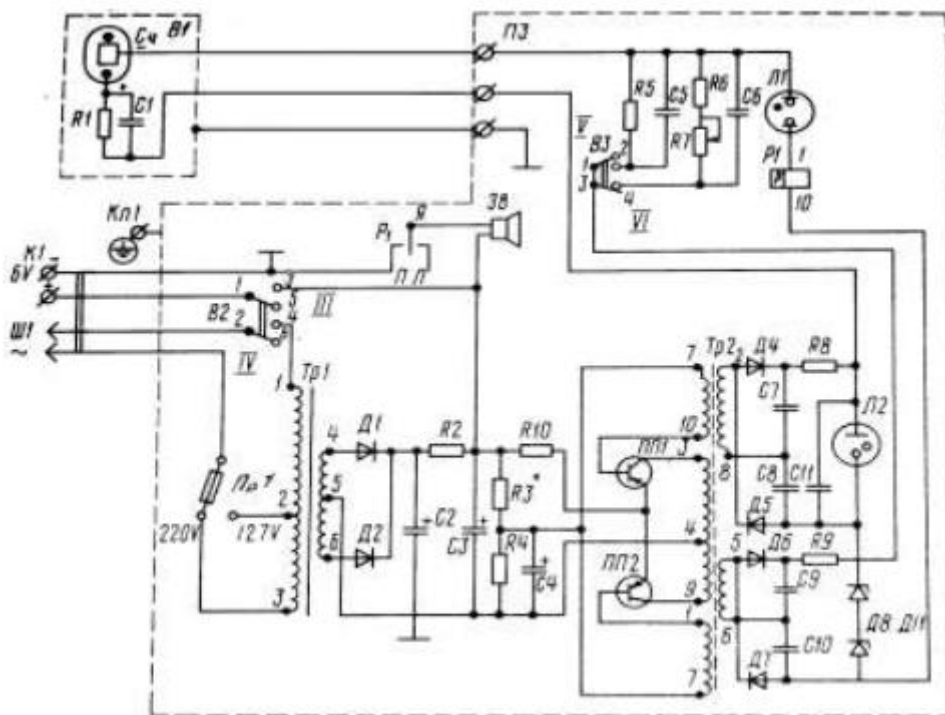


Рис. 2.4. Електрична схема приладу

До складу схеми блока детектування входять:

- газорозрядний лічильник В1, ввімкнений за токовою схемою;
- елементи схеми ввімкнення лічильника (резистор R1 і конденсатор C1).

До складу схеми вимірювального пульта входять:

- робочий інтегруючий ланцюг R6, R7-C6;
- контрольний інтегруючий ланцюг R5-C5;
- схема сигналізації, що складається з неонові лампи Л1, реле Р1, контактів реле П, Я, Л, динаміка ДЕМ-4 (Зв);
- схема блока живлення, що складається із силового трансформатора Tr1, двохпівперіодного випрямляча на діодах Д1, Д2, П-образного RC- фільтра на конденсаторах C2, C3 і резисторі R2, резисторного роздільника напруги R3-R4;
- схема перетворювача напруги, що складається з двотактного перетворювача напруги на транзисторах ПП1, ПП2 і трансформатора Tr2.

Для одержання напруги живлення газорозрядного лічильника -390 В використовуються: двохпівперіодна схема випрямляча на діодах Д4, Д5; схема подвоєння напруги на конденсаторі C7 і C8; схема стабілізації напруги на ламповому стабілітроні Л2.

Для одержання напруги живлення схеми сигналізації – 50 В використовуються: двохпівперіодна схема випрямляча на діодах Д6 і Д7; схема подвоєння напруги на конденсаторах C9 і C10; схема стабілізації напруги на кремнієвих стабілітронах Д8, Д9, Д10, Д11. Органами керування є перемикачі В1 (220 – 127 В); В2 (ВЫКЛ-ВКЛ); перемикач В3 (РАБОТА-КОНТРОЛЬ).

Під час роботи приладу від мережі змінного струму тумблером В1 вмикається обмотка 1-3 Tr1 за напруги 220 В, або обмотка 1-2 за напруги 127 В. Напруга на ці обмотки подається через запобіжник Пр-1 і контакти 2-4 тумблера В2 у положенні «ВКЛ». На виході блока живлення (конденсатор C3)

знімається випрямлена стабілізована напруга 6 В, що подається на вхід схеми перетворювача напруги (радільник R3-R4) і електромагнітний динамік (Зв).

Під час роботи приладу від акумулятора напруга 6 В через тумблер В2 (контакти 1-3) подається на радільник R3-R4 і на електромагнітний динамік (Дзв.). З виходу схеми перетворювача (анод неонові лампи Л2) напруга плюс 390 В через ланцюг R1-C1 у блоці детектування подається на газорозрядний лічильник. З іншого виходу перетворювача (діоди Д8-Д11) напругу 50 В через перемикач В3 і резистори R7, R6 у режимі «РАБОТА» або через резистор R5 у режимі «КОНТРОЛЬ» при відповідному положенні тумблера В3 прикладено до неонові лампи Л1. Цієї напруги недостатньо для загоряння лампи. Електрична схема готова до роботи.

Робота електричної схеми в режимі «РАБОТА» відбувається у такий спосіб. Під час потрапляння в газорозрядний лічильник гамма-кванта в його робочому об'ємі виникає короточасний газовий розряд і через лічильник проходить струм по ланцюгу: анод Л2 – ланцюг R1, C1 – газорозрядний лічильник С6 – контакти 4-3 перемикачі В3 – катод Л2. Після гасіння розряду в газорозрядному лічильнику ланцюг проходження струму переривається.

Таким чином, імпульс струму, проходячи через конденсатор С6, заряджає його до напруги визначеної величини. Після закінчення імпульсу струму конденсатор С6 починає самостійно розряджатися через резистори R6, R7. Постійна розряду цього ланцюга троз регулюється резистором R7 і встановлюється так, щоб розряд конденсатора С6 проходив досить повільно.

Наступні імпульси струму, що надходять на конденсатор С6, приводять до збільшення напруги на обкладках конденсатора, що, у свою чергу, приводить до збільшення струму розряду цього конденсатора через резистори R6, R7. За визначеної частоти надходження імпульсів струму встановлюється рівновага між струмом заряду і струмом розряду, що приводить до встановлення на обкладках конденсатора постійної напруги, прямопропорційної частоті імпульсів струму, що надходять з газорозрядного лічильника. За допомогою регульованого резистора R7 параметри інтегруючої схеми встановлюються так, що за частоти проходження імпульсів струму з газорозрядного лічильника, яка відповідає ПЕД, що впливає на газорозрядний лічильник, дорівнює 0,2 Р/год, на накопичувальному (інтегруючому) конденсаторі С6 встановлюється напруга, що дорівнює 35 В. Ця напруга сумується з напругою 50 В, що знімається зі стабілітронів Д8-Д11. Сумарна напруга, яка дорівнює 85 В, додається до електродів лампи Л1 (ТН-0,2). Ця лампа має початкову напругу запалювання не більш ніж 85 В.

Таким чином, неоні лампа засвічується, внутрішній опір її падає майже до нуля, при цьому створюється ланцюг розряду конденсатора С6: +С6 (верхня обкладка) – Л1 – обмотка реле Р1 – діоди Д11-Д8 – контакти 3-4 В3-С6 (нижня обкладка). Під час розряду конденсатора С6 зменшується напруга на його обкладках, тобто зменшується загальна напруга, прикладена до лампи Л1. За умови досягнення напруги на лампі Л1 величини порядку 65 В світіння лампи

припиняється, внутрішній опір її різко зростає, ланцюг розряду конденсатора С6 розривається, процес сигналізації припиняється.

У разі подальшого надходження імпульсів струму з газорозрядного лічильника описані процеси повторюються. Одночасно зі світловою сигналізацією (спалах лампи Л1) спрацьовує і звукова сигналізація. Під час проходження струму розряду конденсатора С6 через обмотку реле Р1 спрацьовує і своїми контактами П-Я замикає ланцюг живлення електромагнітного динаміка (Дзв.). Через обмотку динаміка проходить струм по ланцюгу: + С3 (верхній вивід) – Дзв. – контакти Я, П реле Р1 – корпус – С3 (нижній вивід). При цьому з динаміка роздається звук (кляцання).

Після закінчення розряду накопичувального конденсатора С6 струм розряду через обмотку реле Р1 не проходить. Реле повертається у вихідний стан, розмикаються контакти Я-П, рветься ланцюг живлення динаміка, звуковий сигнал припиняється. Частота проходження світлового і звукового сигналів залежить від величини ПЕД гамма-випромінювання, що впливає на газорозрядний лічильник. Чим більша потужність експозиційної дози, тим частіше спрацьовує сигналізація, що дає можливість оцінювати рівень ПЕД (орієнтовно).

Аналогічно працює схема в режимі «КОНТРОЛЬ». У цьому випадку контактами 1-2 перемикачі В3 у ланцюг газорозрядного лічильника вмикається інтегруючий ланцюг R5-С5, у якому постійна часу розряду  $\tau_{роз}$  у 7 разів більша, ніж у робочому інтегруючому ланцюгу.

Тому навіть за малої частоти проходження імпульсів з лічильника, викликаних опроміненням лічильника контрольним радіоактивним препаратом, розміщеним у блоці детектування, на конденсаторі С5 установлюється напруга 35 В, що викликає спрацьовування схеми сигналізації.

Підготовка приладу до роботи і перевірка його працездатності виконується таким чином:

1. Тумблер ВЬКЛ-ВКЛ поставити в положення «ВЬКЛ», а тумблер КОНТРОЛЬ-РАБОТА у положення «РАБОТА».

2. Залежно від використовуваного джерела живлення, приєднати відповідні вихідні кінці кабеля живлення до джерела живлення. При цьому перемикач напруги мережі В2 має бути заздалегідь встановлений у необхідному положенні.

3. Тумблер ВКЛ-ВЬКЛ поставити в положення «ВКЛ» і прогріти прилад протягом 5 хвилин.

4. Тумблер КОНТРОЛЬ-РАБОТА поставити в положення «КОНТРОЛЬ». Увімкнення світлової та звукової сигналізації свідчить про працездатність приладу.

5. Тумблер КОНТРОЛЬ-РАБОТА поставити в положення «РАБОТА». Прилад готовий до роботи.

У такому стані прилад знаходиться в режимі спостереження і забезпечує виявлення іонізуючих випромінювань. Поява періодичних спалахів індикаторної лампи й одночасне спрацьовування звукової сигналізації вказує на те, що в місці установлення блока детектування ПЕД гамма-випромінювання

перевищує величину, що дорівнює 0,2 Р/год. Після появи сигналу прилад вимикається. Надалі контроль за наявністю гамма-випромінювання здійснюється короткочасним увімкненням приладу. Під час роботи приладу в режимі спостереження контроль роботи проводиться один раз на добу.

### **Переносні прилади радіаційної розвідки та контролю радіоактивного зараження різних об'єктів**

Радіаційна розвідка в пішому порядку проводиться за допомогою вимірювачів потужності доз гамма-випромінювання, що розташовуються на ремені на грудях розвідника. Сам розвідник, йдучи зараженою місцевістю, періодично зупиняється для зняття показань і стежить за тим, щоб БД приладу перебував приблизно на висоті 1 м над поверхнею землі.

У тих випадках, коли вимірювання проводиться на інших висотах, отримані результати обов'язково зводяться до 1 м. Застосовуючи цей спосіб розвідки, бажано проводити виправлення на додаткову систематичну похибку, обумовлену екрануванням гамма-випромінювання тілом людини. Ця похибка у середньому становить 20 %.

Таким чином, для обліку цієї похибки показання приладу необхідно помножити на постійний коефіцієнт 1,2. Екранування гамма-випромінювання тілом людини може бути практично виключено, якщо в процесі пішої розвідки використовувати БД із досить довгою ручкою (60-70 см).

Для зменшення інструментальної помилки вимірювань необхідно правильно орієнтувати БД у просторі.

До переваги пішої радіаційної розвідки можна віднести можливість обстеження важкодоступних для рухомих об'єктів ділянок місцевості таких, як болота, чагарники, ліс, окопи, яри, різні споруди. Недоліками є низька оперативність, неможливість обстеження великих заражених площ, небезпека переопромінення розвідників.

### **Вимірювач потужності дози ДП-5В**

Вимірювач потужності дози ДП-5В призначений для вимірювання рівня радіоактивного зараження місцевості і радіоактивного зараження поверхонь різних предметів за гамма-випромінюванням, а також виявлення наявності бета-випромінювання. Прилад знаходиться на озброєнні відділень радіаційної, хімічної та біологічної розвідки військ РХБ захисту, також позаштатних відділень, призначених для ведення РХБ розвідки та спостереження у роті (батареї), управління батальйону (дивізіону) родів військ і спеціальних військ.

ПЕД гамма-випромінювання вимірюється в мілірентгенах або у рентгенах на годину для тієї точки простору, в якій розміщено під час вимірювання блок детектування приладу. Діапазон вимірювання за гамма-випромінюванням знаходиться у межах від 0,05 мР/год до 200 Р/год у діапазоні енергії від 0,084 МеВ до 1,25 МеВ. Увесь діапазон розбито на 6 піддіапазонів.

Відлік показань проводиться за шкалою з наступним множенням на відповідний коефіцієнт піддіапазону, причому робочим є відрізок шкали, що обмежений безперервною лінією. Прилад має звукову індикацію на усіх

піддіапазонах, крім першого. Основна та відносна похибка приладу під час вимірювання в нормальних умовах не перевищує  $\pm 30\%$  від вимірюваної величини під час опромінювання радіоактивним джерелом кобальт-60.

Час встановлення показань приладу (час вимірювання), необхідний для одержання гарантованої точності відліку, не перевищує 45 с. Прилад працює в умовах: інтервал температур від  $-50$  до  $+50$  оС і відносна вологість повітря  $65 \pm 15\%$ ; під час занурення блока детектування у воду на глибину до 0,5 метра.

До комплекту приладу входять (рис. 2.5): прилад 2, розміщений у футлярі (вимірювальний пульт, блок детектування з джерелом контролю, які з'єднуються за допомогою гнучкого кабелю довжиною 1,2 м); подовжувальна штанга довжиною 45–75 см 1; головні телефони 3; дільник напруги (з кабелем довжиною 10 м) 4 для підключення приладу до зовнішнього джерела постійного струму напругою 12 або 24 В; два розсувних ремня 7; комплект запасного майна (ЗПМ) 5; комплект експлуатаційної документації 6 (технічний опис і інструкція з експлуатації та формуляр); укладальний ящик для зручності транспортування.



Рис.2.5. Комплект приладу ДП-5В

До складу приладу входять: вимірювальний пульт 1 (рис. 2.6), розташований у футлярі 14, який виготовлено зі шкірозамінника, блок детектування 8, подовжувальна штанга 12, головні телефони 13.

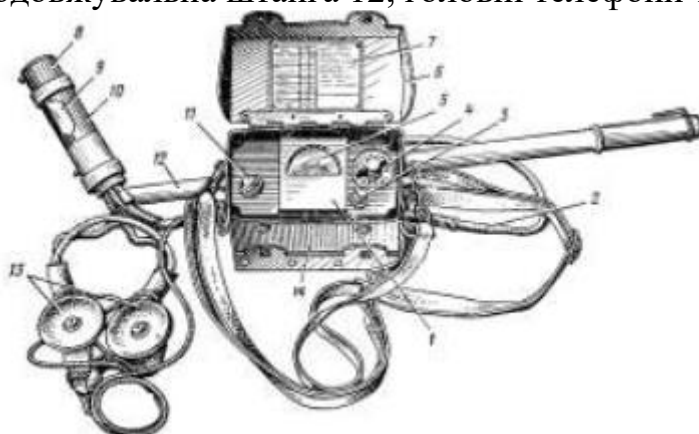




Рис. 2.6. Загальний вигляд приладу ДП-5В

Живлення приладу здійснюється від 3 елементів живлення АЗ36, один з яких використовується тільки для підсвічування шкали мікроамперметра за умови роботи в темряві (рис. 2.7).

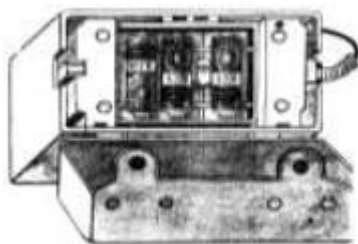


Рис. 2.7. Живлення приладу

Комплект живлення забезпечує безперервну роботу приладу без урахування підсвічування шкали в нормальних умовах протягом не менше ніж 70 годин під час використання нових елементів (термін зберігання не більше 1 місяця), що забезпечує струм споживання його не більше 20 мкА на початку розряду елементів. Дільник напруги дозволяє здійснювати живлення приладу від зовнішнього джерела живлення постійного струму 12 або 24 В залежно від положення двох рухомих пружинних контактів, що знаходяться на печатній платі дільника. Маса приладу з елементами живлення не перевищує 3,2 кг. Маса повного комплекту приладу в укладальному ящику не перевищує 8,2 кг.

Розглянемо будову і роботу складових частин приладу за структурною схемою, яка зображена на (рис. 2.8). До складу структурної схеми входять: в блоці детектування: газорозрядний лічильник гамма- і бета- випромінювання, підсилювач-нормалізатор; в пульті: розрядні кола, інтегруючий контур, вимірювальний прилад – мікроамперметр, блок живлення, джерело живлення (елементи АЗ36); поза пультом: телефони, дільник напруги.



Рис. 2.8. Структурна схема приладу ДП-5В

Принцип роботи приладу. Під час подачі напруги від джерела живлення 3 В на блок живлення він виробляє постійну стабілізовану напругу 400 В, яка подається на газорозрядні лічильники, що знаходяться на блоці детектування.

Газорозрядні лічильники під впливом іонізуючого випромінювання генерують імпульси напруги (струму), які надходять до підсилювача – нормалізатора, елементи якого (розрядні ланцюжки) знаходяться в пульті.

Імпульси, що нормалізовані за амплітудою та тривалістю, надходять на дві адреси: 1-а – на головні телефони, де за частотою звукових сигналів (кляцання) визначають наявність іонізуючого випромінювання і орієнтовно його рівень; 2-а – на інтегруючий контур схеми вимірювача середньої частоти слідування імпульсів. Інтегруючий контур перетворює імпульси в усереднений струм, величина якого пропорційна частоті слідування імпульсів з блока детектування, а отже, величині потужності дози гамма- випромінювання, яке впливає на газорозрядні лічильники. Цей струм реєструється вимірювальним приладом, шкала якого відградуєвана в одиницях ПЕД гамма-випромінювання.

Електрична схема приладу наведена на (рис. 2.9).

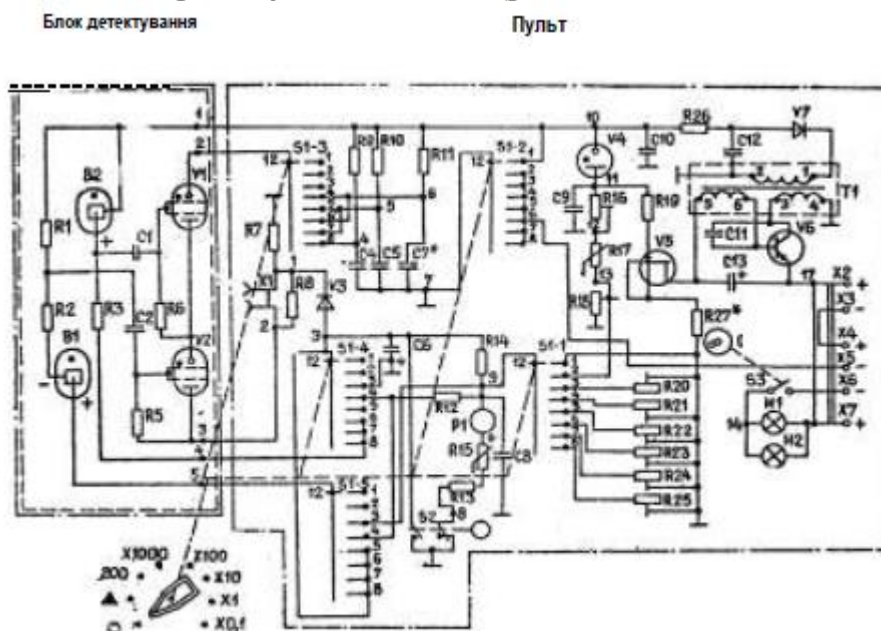


Рис. 2.9. Електрична схема приладу ДП-5В

До складу електричної схеми входять:

1) газорозрядні лічильники В1 (Си-БГ) і В2 (СБМ-20) з навантажувальними резисторами R1-R2 і R3 відповідно. Лічильники ввімкнені за імпульсною схемою під час роботи на 2-6-му піддіапазонах. Під час роботи на 1-му піддіапазоні лічильники працюють у струмовому режимі;

2) підсилювач-нормалізатор на тиратронах VI і B2 типу ТХ4Б, що знаходяться в блоці детектування, і розрядних R-C ланцюжках (R9-C4, R10-C5, R11-C7) вимірювального пульта, які підключені до тиратронів перемикачем S1-3;

3) вимірювач середньої частоти імпульсів з дозуючим резистором, до складу якого входять такі елементи: дозуючий резистор R8, зарядний діод ДЗ, інтегруючий конденсатор С6, розрядні резистори інтегруючого контуру R14,

R5, R13, ввімкнені послідовно з мікроамперметром P1, регулювальні резистори R12-R25, що підключаються паралельно до вимірювального приладу P1 перемикачем S1-1 залежно від піддіапазону вимірювання. Ці резистори є шунтами вимірювального приладу і призначені для градуювання приладу на кожному піддіапазоні;

4) блок живлення, що складається з одноктного перетворювача напруги на транзисторі V6 і трансформаторі T1, зібраного згідно зі схемою блокінг-генератора, однопівперіодичної схеми випрямлення на діоді V7, (П-образного фільтра напруги на резисторі) і конденсаторах C10 і C12, схеми стабілізації напруги на газовому стабілітроні V4 з резисторами навантаження R16, R17, схеми регулятора струму розряду джерел живлення (елементи А-336) на польовому транзисторі V5, схеми підсвічення шкали на лампах розжарювання Н1, Н2, що вмикають кнопкою ОСВЕЩЕНИЕ S3.

Комутація електричних ланцюгів схеми залежно від діапазону роботи здійснюється перемикачем S1 під час живлення приладу від аккумулятора з напругою 12 або 24 В. Замість сухих елементів вмикається дільник напруги.

Встановлюючи перемикач S1 ПОДДИАПАЗОНЫ у положення «200», його платами S1-1 і S1-5 комутується вимірювальна схема, що складається з газорозрядного лічильника В1 (малої чутливості), що працює в струмовому режимі, й інтегруючого контуру, що складається з основного накопичувального конденсатора С6 і додаткового конденсатора С8, а також з паралельно до них приєднаних резисторів навантаження R13, R15, мікроамперметра P1 і додатково регулювального резистора R20 (рис. 2.10).

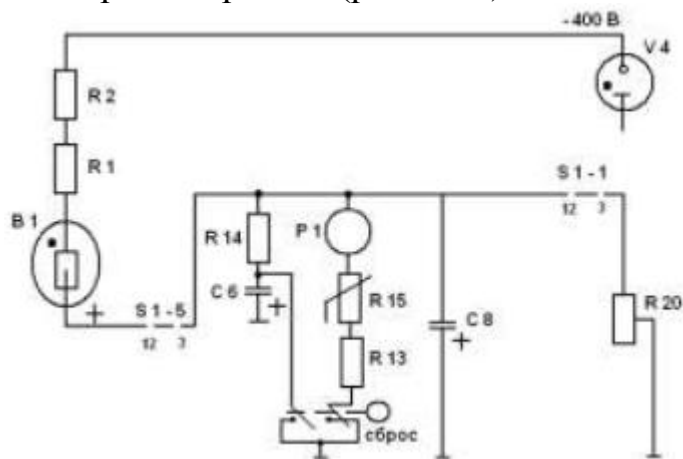


Рис. 2.10. Електрична схема приладу на піддіапазоні «200»

У вихідному стані за відсутності гамма-випромінювання газорозрядний лічильник В1 має нескінченно великий опір – через нього струм не йде. Конденсатори С6 і С8 розряджені. Під час опромінення лічильника В1 гамма-квантами внутрішній опір лічильника падає майже до нуля, і через нього починає надходити струм до ланцюга: +400 В (корпус), конденсатори С6-С8, лічильник В1 – резистори R1, R2, – 400 В. З припиненням газового розряду в лічильнику його внутрішній опір знову зростає до нескінченності.

Таким чином, лічильник під час його опромінення генерує імпульси струму, що заряджають конденсатори С6 і С8. Одночасно ці конденсатори

розряджаються через резистори R13, R15 і P1. Величина струму розряду вимірюється мікроамперметром P1. Під час постійного опромінення лічильника B1 струм заряду конденсаторів і струм розряду їх врівноважується і стане величиною, пропорційною ПЕД гамма-випромінювання; яка діє на газорозрядний лічильник, тобто стрілка вимірювального приладу буде відхилятися на величину, пропорційну величині ПЕД гамма-випромінювання.

Тому шкала вимірювального приладу відградуєвана в одиницях ПЕД – рентген за годину (Р/год). Для такого градуювання використовується регульовальний резистор (шунт) R20.

Для прискореного зняття показань приладу використовується кнопка СБРОС, під час натискання якої конденсатор С6 закорочується на корпус і швидко розряджається.

Під час роботи приладу на 2-6-му піддіапазонах газорозрядні лічильники вмикаються за імпульсною схемою роботи, працює нормалізатор імпульсів, комутується вимірювач середньої частоти проходження імпульсів. Роботу приладу в цьому режимі можна розглянути, наприклад, за спрощеною електричною схемою на піддіапазоні «х 0,1» (рис. 2.11).

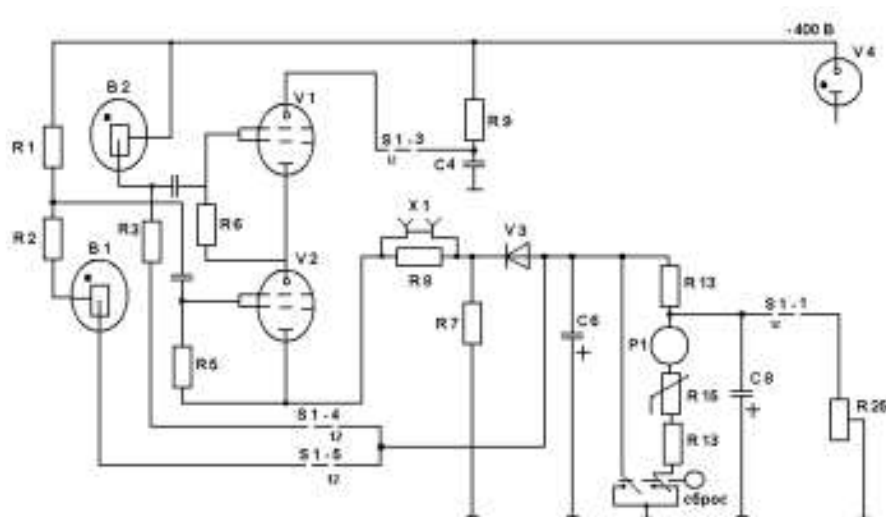


Рис. 2.11. Електрична схема приладу на піддіапазоні «х 0,1»

Під час впливу іонізуючого випромінювання на газорозрядні лічильники B1 – чи B2, що розташовані в блоці детектування, у них виникає короткочасний розряд. На навантажувальних резисторах R1 і R3 з'являється імпульс напруги, що через перехідні конденсатори C1 і C2 та обмежувач резистор R6 подається на вхід підсилювача-нормалізатора імпульсів (очікуючого релаксаційного генератора), який зібраний на двох тиратронах V1, V2.

Тиратрони V1 і V2 ввімкнені послідовно. За допомогою резисторів R5 і R6 у тиратронах на ділянках сітка-катод, для підвищення чутливості, підтримується підготовчий тихий розряд стабільності спрацювання та зменшення часу розвитку газового розряду всередині тиратронів. Анодна напруга, що знімається зі стабілітрона V4 надходить на тиратрони від конденсатора C4, який заряджається через резистор R9 до напруги 390 В.

Оскільки тиратрони V1 і V2 ввімкнені послідовно, то прикладена до них напруга 390 В ділиться рівномірно між ними, тобто по 195 В. Цієї напруги недостатньо для запалювання тиратронів.

Таким чином, за рахунок прикладеної напруги до тиратронів і підготовчого розряду на ділянці сітка-катод через тиратрони у вихідному стані проходить невеликий струм, що називається струмом підготовки. Цей струм практично весь проходить через резистор R7 по ланцюгу: +390 В (корпус), R7, R8, V1, V2, R9, – 390 В. Через діод V3 цей струм не проходить, тому що внутрішній опір діода в провідному режимі на багато разів більший опору резистора R7. Завдяки цьому запобігається заряд накопичувального конденсатора C6 інтегруючого контуру струмом підготовки, що зменшує погрішності вимірюваної величини вимірювальним приладом.

Під час потрапляння іонізуючої частинки в газорозрядний лічильник, наприклад у B2, на його навантаженні з'являється імпульс напруги.

Цей імпульс негативної полярності через роздільний конденсатор C1 надходить на підпалений електрод (сітку) тиратрона V1 і підпалює його.

У результаті цього внутрішній опір тиратрона різко зменшується, що призводить до різкого спадання напруги на цьому тиратроні. Тепер практично всю напругу з конденсатора C4 прикладено до тиратрона V2. Ця напруга перевищує напругу запалювання тиратрона V2, і він запалюється.

Таким чином, обидва тиратрони, що ввімкнені послідовно, засвічуються. Внутрішній опір їх спадає майже до нуля, складається ланцюг розряду конденсатора C4: +C4 (нижня обкладка), корпус, C6, V3, R8, V2, V1 – C4 (верхня обкладка). При цьому накопичувальний конденсатор C6 одержить деякий заряд Q, переданий йому конденсатором C4.

У процесі розряду конденсатора C4 напруга на його обкладках спадає, відповідно спадає напруга, що прикладена до тиратронів. Під час досягнення величини напруги гасіння тиратрони гаснуть, їхній внутрішній опір різко зростає, розривається ланцюг розряду конденсатора C4. Тепер конденсатор C4 починає заряджатися від джерела живлення 390 В через резистор R9.

Постійна часу заряду цього конденсатора має бути такою, щоб він устиг зарядитися до повної напруги в проміжках між імпульсами, що надходять один за одним з газорозрядних лічильників. Під час надходження чергового імпульсу з газорозрядного лічильника описані процеси повторюються. Таким чином, величина ємності конденсатора C4 визначає тривалість відкритого стану тиратронів V1 і V2, а також мінімальний час закритого стану цих тиратронів, а значить, тривалість нормалізованого імпульсу на виході підсилювача-нормалізатора. Конденсатор C4 і резистор R9 одержали назву розрядний ланцюжок. Імпульси, що надходять на інтегруючий контур, перетворюються в усереднений струм, пропорційний частоті проходження імпульсів із блока детектування. Цей струм вимірюється вимірювальним приладом P1. Шкала вимірювального приладу відградуєвана в мілірентгенах за годину (мР/год).

Під час роботи приладу на інших піддіапазонах перемикачем S1-3 до тиратронів підключаються розрядні ланцюжки C5, R10 (C7, R11) відповідно до діапазону вимірювання, а паралельно до вимірювального приладу

підключаються шунти R21-R24. Паралельно до резистора R8 підключене гніздо головних телефонів для отримання звукової індикації за наявності іонізуючого випромінювання. Газорозрядний лічильник В2 працює на піддіапазонах 4,5,6. Одночасно з ним працює і лічильник В1. За умови переопромінення, коли лічильник В2 починає працювати в режимі «Зворотний хід», малочутливий лічильник В1, працюючи паралельно з В2, вирівнює дозову характеристику приладу і тим самим ліквідує можливість появи режиму «Зворотний хід».

### Підготовка приладу до роботи і перевірка працездатності:

1. Витягнути прилад з укладального ящика, до блока детектування приєднати штангу, відкрити кришку футляра і зробити зовнішній огляд.

Перемикач піддіапазонів перевести в положення «О» («Вимикання»), відкрити кришку відсіку живлення і, дотримуючись полярності, вставити елементи живлення.

2. Поставити ручку перемикача у положення «Δ», екран – у положення «Г». Стрілка приладу повинна встановитися у режимному секторі (рис. 2.12).

3. Перевірити працездатність за контрольним джерелом, закріпленим на поворотному екрані блока детектування. Для цього установити екран у положенні «К». Підключити телефон. Установити ручку перемикача піддіапазонів послідовно на «x1000», «x100», «x10», «x1», «x 0,1». Стрілка приладу повинна зашкалювати на 5-му і 6-му піддіапазонах, відхилитися на 4-му, а на 2-му і 3-му може не відхилитися.

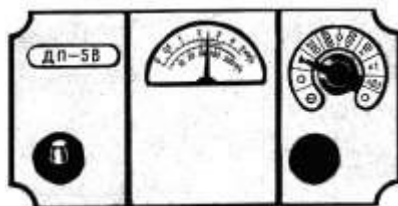


Рис. 2.12. Перевірка живлення за допомогою режимного сектора

4. Порівняти показання на 4-му піддіапазоні з показаннями, записаними у формулярі (розділ 12) під час останньої перевірки (рис. 2.13).

### 2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1. Основные технические характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1

Поддиапазон	Единица измерения		Допустимое отклонение	Поддиапазон	Единица измерения		Допустимое отклонение
	Счетчик	Счетчик			Счетчик	Счетчик	
1	Р/ч	140	98-182	4	мР/ч	40	28-62
		50	35-65			25	17,5-82,5
		25	17,5-32,5			10	7-13
2	мР/ч	4000	2800-5200	5	мР/ч	4	2,8-3,2
		2300	1700-3200			2,5	1,7-3,2
		1000	700-1300			1	0,7-1,3
3	мР/ч	400	280-520	6	мР/ч	0,4	0,28-0,52
		250	175-325			0,25	0,17-0,32
		100	70-130			0,1	0,07-0,13

Показания прибора от контрольного источника на поддиапазоне x10 составляют 1,9 мР/ч ± 30% от указанного значения.

2.2. Сведения о содержании драгоценных материалов приведены в приложении.

Представитель ОТК \_\_\_\_\_ (подпись)  
 Представитель заказчика \_\_\_\_\_ (подпись)

Рис. 2.13. Показання приладу на 4-му піддіапазоні, записані у формулярі (29 мР/год)

5. Натиснути кнопку СБРОС, при цьому стрілка має встановитися на нульову поділку шкали.

6. Повернути екран у положення «Г», поставити ручку перемикача в положення «Δ». Прилад готовий до роботи.

Вимірювання за допомогою приладу до 5 Р/год проводиться за верхньою шкалою при положеннях перемикача «x1000», «x100», «x10», «x1», «x0,1» (рис. 2.14).

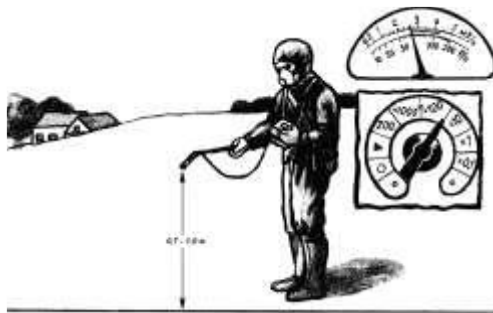


Рис. 2.14. Вимірювання потужності дози до 5 Р/год

У даному положенні перемикача і показанні стрілки приладу потужність дози складає 260 мР/год.

### Вимірювач потужності дози ИМД-5

Вимірювач потужності дози ИМД-5 (рис. 2.15) призначений для вимірювання поглиненої дози гамма-випромінювання і виявлення бета-випромінювання.



Рис. 2.15. Вимірювач потужності дози ИМД-5

Прилад є подальшою модернізацією і удосконаленням вимірювача потужності дози (рентгенометра) ДП-5В.

Прилад забезпечує вимірювання потужності дози (поглиненої) гамма-випромінювання від 0,05 мРад/год до 200 Рад/год у діапазоні енергії від 0,084 МеВ (тулій 170) до 1,25 МеВ (кобальт-60). Прилад забезпечує індикацію щільності потоку бета- випромінювання в межах від 50 до 5000 бета-част/(хв•см<sup>2</sup>) з енергією 2,27 МеВ.

Відлік показань проводиться за шкалою приладу з наступним множенням на відповідний коефіцієнт піддіапазону, причому робочою є ділянка шкали, окреслена суцільною лінією. Прилад забезпечує звукову індикацію гамма- і бета-випромінювання головними телефонами на 2–6-му піддіапазонах.

Технічні й експлуатаційні характеристики практично співпадають з аналогічними характеристиками вимірювача потужності дози ДП-5В.

Деякі конструктивні вдосконалення дозволили збільшити занурення блока детектування на глибину до 1 метра, а також покращити ергономічні характеристики приладу, що підвищило якість операторської діяльності обслуговуючого персоналу.

Конструкція приладу, його структурна й електрична схеми майже повністю співпадають з конструкцією, структурною та електричною схемами ДП-5В. Невеликі зміни, пов'язані з заміною номіналу деяких резисторів і конденсаторів, пояснюються необхідністю градуювання приладу в одиницях потужності поглиненої дози гамма-випромінювання, тобто в рад/год.

Підготовка приладу до роботи, перевірка його працездатності, проведення вимірювання й індикація аналогічні тим діям, які проводяться із приладом ДП-5В.

### Дозиметр-радіометр універсальний МКС-У

Дозиметр-радіометр універсальний МКС-У (рис. 2.16) призначений для вимірювання потужності еквівалентної дози, еквівалентної дози гамма- та рентгенівського випромінювань; вимірювання поверхневої щільності потоку бета-частинок. Прилад є подальшою модернізацією рентгенометра ДП-5В і може застосовуватись у військах як для ведення радіаційної розвідки місцевості, так і радіаційного контролю. Основні метролого-технічні характеристики дозиметра-радіометра універсального МКС-У наведені в табл. 2.1. Повний комплект поставки: пульт 1 із нероз'ємним комбінованим гамма-бета-блоком (КБД) 2; коротка телескопічна штанга 3; кабель для підзарядки 12 В, адаптер 220В-12В, телефони головні 4; касета з контрольним джерелом випромінювання 5; пакувальний чемодан; керівництво з експлуатації; формуляр 6; комплект аварійного БД 7: (виносний гамма- детектор (ВД) з 30-метровим кабелем, 5-метрова телескопічна штанга з ручкою-кронштейном для намотування кабелю; чохол для телескопічної штанги); запасні частини; адаптер інфрачервоного порту обміну та програмне забезпечення.

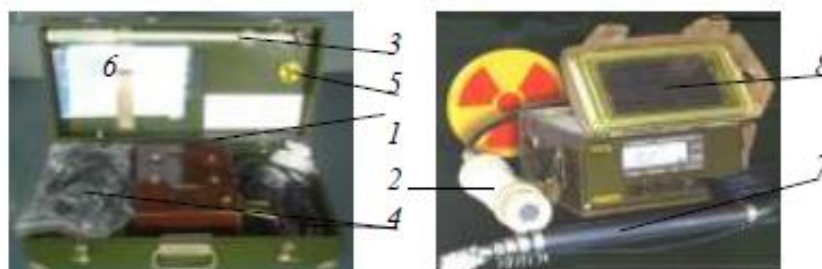


Рис. 2.16. Дозиметр-радіометр універсальний МКС-У



У приладі реалізовано можливість в умовах аварій на АЕС доставляти аварійний (виносний) детектор на відстань до 30 м за допомогою телескопічної штанги. Вимірювання широкого діапазону вимірювальних величин: потужності еквівалентної дози гамма- та рентгенівського випромінювань, дозволяє контролювати природний фон навколишнього середовища.

Розширений енергетичний діапазон вимірювання дає змогу однаково ефективно використовувати прилад як під час наслідків застосування ядерного вибуху, так і руйнувань об'єктів ядерної енергетики.

У приладі здійснюється автоматична установка інтервалів та діапазонів вимірювань в одиницях еквівалентної дози (Зв/год). Наявність аналогового індикатора інтенсивності випромінювання, підсвітки індикатора та органів керування в темряві, а також багаторівнева індикація розрядження джерела живлення роблять роботу з приладом більш зручною та ефективною.

Існує можливість запису результатів вимірювань до енергонезалежної пам'яті та їхнього перегляду, а також можливість передачі через інфрачервоний порт до 4096 результатів вимірювань у ЕОМ.

Підзарядка акумуляторної батареї здійснюється за допомогою вмонтованого зарядного пристрою від власної фото батареї 8 (рис. 2.16), автомобільного акумулятора 12 В або промислової мережі 220В/50Гц.

У приладі використовуються: газорозрядні гамма-детектори Гейгера-Мюллера без зворотного ходу лічильної характеристики, кремнієвий детектор бета-випромінювання, аварійний гамма-детектор типу «СЕЛДИ» (сцинтилятор-фотодіод), контрольне джерело  $^{137}\text{Cs}$ , головні телефони.

**Таблиця 2.1**

Основні метролого-технічні характеристики приладу

Найменування параметра	Величина параметра
Діапазон вимірювання потужності еквівалентної дози	0,1 мкЗв/год – 100 Зв/год (10 мкР/год – 10 000 Р/год)
Діапазон вимірювання еквівалентної дози	1 мкЗв – 9 999 мЗв (100 мкР – 999,9 Р)
Допустимі відносні основні похибки вимірювання	± 15 %
Енергетичний діапазон вимірювань	0,05 – 3,0 МеВ
Діапазон вимірювань часу накопичення еквівалентної дози і точність вимірювання	1 хв – 99 год ± 1хв за 48 год
Діапазон вимірювань поверхневої щільності потоку бета-частинок	10 – 200 000 1/(хв·см <sup>2</sup> )
Енергетичний діапазон вимірювань	0,3–3,0 МеВ
Допустима відносна основна похибка вимірювання щільності потоку бета-частинок	± 15 %
Часові інтервали вимірювань	2 – 50 сек
Час безперервної роботи під час живлення від акумуляторної батареї	72 год
Діапазон робочих температур	від – 40 до +50 °С
Маса комплекту в упаковці	8,0 кг
Габарити комплекту в упаковці	490x255x130 мм

Структурна схема МКС-У, наведена на рис. 2.17, яка складається з пульта, фотобатареї (ФБ), виносного детектора гамма-випромінювання або

блока детектування гамма-випромінювання високочутливого виносного БДБГ-08 (ВД), блока живлення (БЖ) і телефонів (Т).

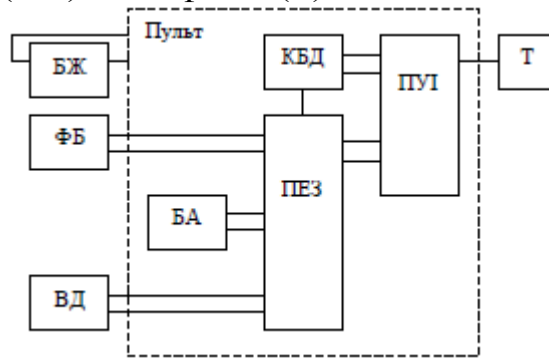


Рис. 2.17. Структурна схема приладу МКС-У

Пристрій енергозабезпечення (рис. 2.18) складається з лінійного стабілізатора напруги (ЛСН), формувача напруги імпульсного (ФНІ), перетворювача струм-частоти (ПСЧ), схеми вбудованого детектора дози (ВДД) з детектором (Д), пристрою обробки (ПО) і автоматичного зарядного пристрою (АЗП).

Під час подачі на пристрій енергозабезпечення керуючого сигналу з пристрою керування та індикації активізується ЛСН, і з напруги, що направляється на його вхід від акумуляторної батареї, він формує напругу +5 В для живлення вузлів приладу. Формувач напруги імпульсний (ФНІ) активізується тільки під час приєднання до пульта виносного детектора (ВД).

ФНІ формує двополярне живлення для роботи схеми перетворювача струм- частоти (ПСЧ). ПСЧ перетворює струм, що надходить від виносного детектора (ВД), у послідовність імпульсів, частота повторення яких пропорційна вхідному струму.

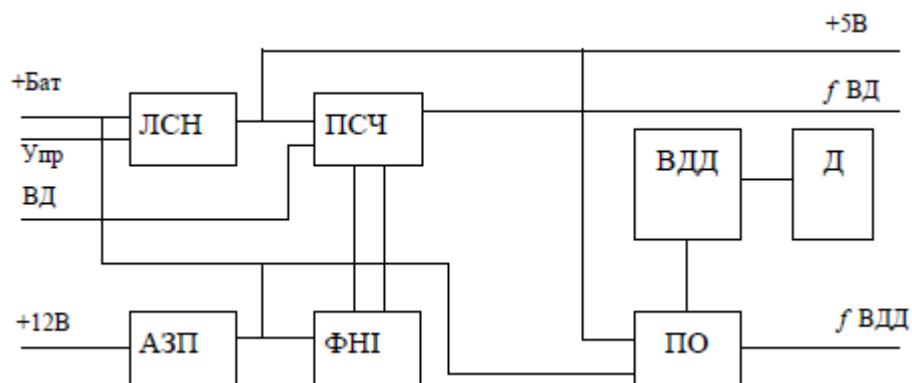


Рис. 2.18. Структурна схема ПЕЗ

У пристрої енергозабезпечення розміщено пристрої обробки (ПО) і схему вбудованого детектора дози оператора (ВДД) разом із детектором (Д), що функціонально реалізують вбудований блок детектування дози оператора.

У ПО знаходиться стабілізатор +5 В для живлення ВДД і цифрова схема лінеаризації рахункової характеристики детектора (Д). У схему ВДД входить формувач анодної напруги для детектора (Д). Як детектор (Д) застосовується

ГЛ типу СБМ-21. Вбудований блок детектування дози оператора працює постійно з моменту ввімкнення живлення приладу.

Автоматичний зарядний пристрій (АЗП) формує струм для зарядки акумуляторної батареї і напругу живлення приладу під час приєднання до його входу фотобатареї або зовнішнього джерела постійного струму з напругою +12 В (блок живлення, автомобільний акумулятор). АЗП розроблений на базі лінійного стабілізатора з граничним пристроєм і генератора струму. Процес зарядки індукується за допомогою світлодіодів.

Комбінований блок детектування (рис. 2.19.) складається з БД гамма-випромінювання і БД бета-часток. БД гамма-випромінювання складається з формувача напруги (ФН1), пристрою детектування гамма-випромінювання (ПДГВ) із двома детекторами Д1 і Д2. ФН1 формує анодну напругу для детекторів. ПДГВ призначений для детектування гамма-випромінювання і лінеаризації рахункової характеристики детекторів. ПДГВ містить також стабілізатор напруги +5 В для живлення ФН1. Як детектори Д1 і Д2 застосовуються газорозрядні лічильники типу СБМ-20-1.

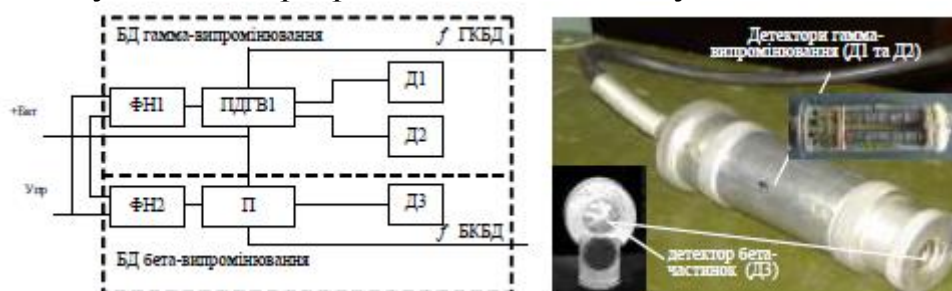


Рис. 2.19. Структурна схема КБД

Схема БД гамма-випромінювання активізується тільки за умови надходження з пристрою керування та індикації приладу керуючого сигналу.

Цей сигнал направляє на відповідний вхід стабілізатора і переводить його в активний стан. При цьому на його виході формується напруга +5 В, яка необхідна для живлення схем блока.

БД бета-частинок складається з формувача напруги (ФН2), підсилювача (П) і детектора бета-частинок (Д3). До складу ФН2 входять стабілізатор напруги +5 В та імпульсний формувач напруги детектора.

Підсилювач побудований за схемою імпульсного підсилювача з польовим транзистором на вході. Як детектор бета-частинок застосовується планарний кремнієвий детектор із площею робочої поверхні 1 см<sup>2</sup>. Схема БД бета-частинок активізується аналогічно схемі БД гамма-випромінювання. У КБД під час роботи одного з БД другий завжди знаходиться в неактивному стані (режим мікроспоживання), що дає можливість заощаджувати енергоресурс приладу. Пристрій керування та індикації (рис. 2.20) складається із схеми цифрової обробки (СЦО), цифрового індикатора (ЦІ), гучномовця (ГМ) і кнопок УВМК, РЕЖИМ,  $\gamma/\beta$ , СВІТЛО. СЦО розроблена із застосуванням мікроконтролера і спецпроцесора, реалізованого на програмованій логіці високого ступеня інтеграції.

СЦО виконує функції обробки і передачі на ЦІ інформації, що містить результати вимірів кожного з вимірювальних каналів приладу, формування ознак відповідності і фізичних величин, керування режимами роботи за допомогою кнопок УВМК, РЕЖИМ,  $\gamma/\beta$ , СВІТЛО. У СЦО закладено алгоритм автоматичного вибору інтервалів і діапазонів вимірювання. У СЦО відбувається масштабування імпульсних потоків від вимірювальних каналів, при цьому коефіцієнти масштабування задаються у вигляді рівнобіжних двійкових кодів, що записуються в енергонезалежній пам'яті. СЦО здійснює керування підсвічуванням шкали індикатора, озвучування за допомогою гучномовця ГМ або телефонів зареєстрованих БД іонізуючих частинок або фотонів та ідентифікацію залученого БД. СЦО також здійснює запис результатів вимірювань в енергонезалежну пам'ять і передачу їх через інфрачервоний порт у ПЕОМ.

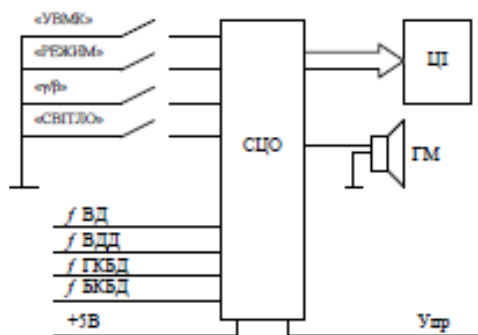


Рис. 2.20. Структурна схема ПУІ

Фотобатарея становить собою ряд послідовно і паралельно з'єднаних кремнієвих фотоелементів, розташованих на зовнішній підкладці та розміщених у герметичному корпусі з прозорим вікном. Робота фотобатареї базується на генерації фотоструму у фотоелементах під дією падаючого на них сонячного світла. Послідовне з'єднання фотоелементів забезпечує необхідний рівень напруги на навантаженні, а паралельне – необхідну силу струму. Фотобатарея забезпечує за умови прямого сонячного світла струм не менше 75 мА за напруги 7,5 В, що дає можливість здійснювати підзарядку акумуляторної батареї і підживлювати прилад. Виносний детектор гамма- випромінювання сцинтиелектронного типу (детектор типу «СЕЛДИ») побудований на основі сцинтиляційного кристала CsJ і напівпровідникового фотодіода. Між фотодіодом і сцинтилятором забезпечено оптичний контакт.

Принцип дії детектора базується на генерації фотоструму фотодіодом унаслідок сцинтиляцій у кристалі CsJ при час його опромінення. Струм на виході детектора пропорційний інтенсивності й енергії гамма- випромінювання, що попадає в детектор. Виносний БД гамма- випромінювання високочутливий БДБГ-08 аналогічний за побудовою і принципом дії блока детектування гамма- випромінювання КБД.

#### Підготовка приладу до роботи:

1. Відкрити відсік живлення в пульті приладу і переконатися в наявності в касеті (рис. 2.21) п'яти акумуляторів і надійності контактів.

2. Вийняти блок детектування (КБД) з футляра пульта і приєднати до нього штангу, для чого необхідно вставити торцевий захват штанги в сполучне гніздо КБД, натиснути до упору і повернути до фіксації.

3. Приєднати до футляра пульта поясний і плечовий реміні.

4. Увімкнути прилад, короткочасно нажавши кнопку УВМК. При цьому прилад має відразу працювати в режимі вимірювання потужності еквівалентної дози фотонного іонізуючого випромінювання, про що будуть свідчити індицирований символ « $\gamma$ » і одиниці вимірювання « $\mu\text{Sv/h}$ » на цифровому індикаторі (рис. 2.22.), а також звукові сигнали під час реєстрації кожного гамма-кванта.

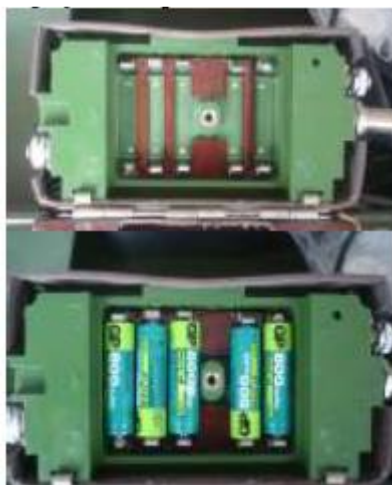


Рис. 2.21. Відсік живлення

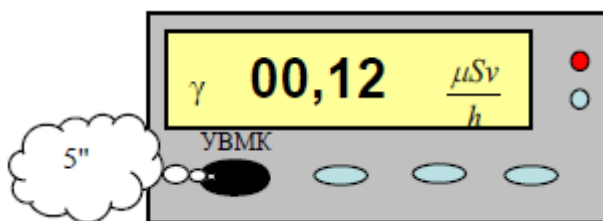


Рис. 2.22. Вимірювання гамма-фону

Після завершення інтервалу вимірювання на цифровому індикаторі повинен висвітлитися результат вимірювання гамма-фона. З касети з контрольним джерелом, що розташована на внутрішній стороні кришки укладальної шухляди, відкрутити кришку. Піднести КБД місцем розташування метрологічної мітки «+» упритул до контрольного джерела і здійснити контрольне вимірювання потужності еквівалентної дози фотонного іонізуючого випромінювання.

Отриманий результат (рис. 2.23). повинен відповідати значенню, яке визначено для цієї моделі приладу у керівництві з експлуатації.

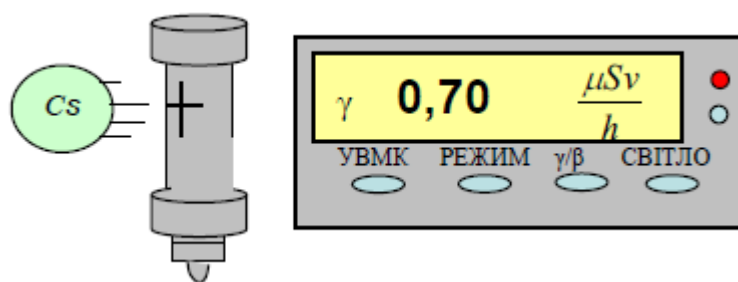


Рис. 2.23. Перевірка гамма-каналу

**Наприклад:** Контрольне значення параметра у таблиці 3.2 керівництва з експлуатації приладу МКС-У дорівнює  $0,80 \pm 0,24$  мкЗв/год.

**Примітка:** Контрольні значення від Cs-137 необхідно корегувати відповідно до періоду напіврозпаду радіонукліда.

5. Натиснути кнопку  $\gamma/\beta$  і спостерігати за переходом приладу в режим вимірювання щільності потоку бета-частинок (рис. 2.24.). При цьому на цифровому індикаторі повинен висвітитися символ  $\beta$  і одиниці вимірювання  $10^3/(cm^2 \cdot min)$ . Піднести КБД торцем упругу до контрольного джерела, попередньо відкривши вікно бета-детектора, і здійснити контрольне вимірювання щільності потоку бета-частинок. Отриманий результат повинен відповідати значенню, яке визначено для цієї моделі приладу у керівництві з експлуатації.

**Наприклад:** Контрольне значення параметра  $19,0 \pm 5,7 \times 10^3$  частинок/( $cm^2 \cdot хв$ ).

**Примітка:** Контрольні значення від Cs-137 необхідно корегувати відповідно до періоду напіврозпаду радіонукліда.

При цьому кожна зареєстрована бета-частинка повинна супроводжуватися звуковим сигналом. Касету з контрольним джерелом закрити кришкою.

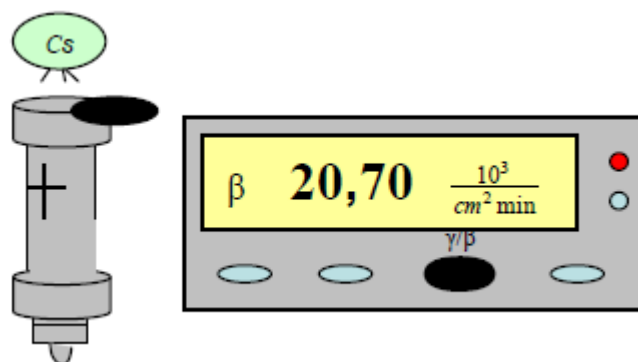


Рис. 2.24. Перевірка бета-каналу

6. Короткочасно натиснути кнопку РЕЖИМ і переконатися в переході приладу в режим індикації еквівалентної дози оператора. При цьому на цифровому індикаторі повинні висвітитися символ  $\gamma$  і одиниці вимірювання mSv, а точка повинна розташовуватися після першого (зліва) розряду.

7. Короткочасно натиснути кнопку РЕЖИМ і переконатися в переході приладу в режим індикації часу нагромадження еквівалентної дози оператора.

При цьому між двома парами розрядів на цифровому індикаторі повинна висвітитися кома, що мерехтить з періодом 1 секунда. Щохвилини крайній (справа) розряд повинен змінюватися на одиницю.

8. Короткочасно натиснути кнопку СВІТЛО і переконатися, що ввімкнулося підсвічування шкали, що повинна вимкнутися через 8 с.

9. Короткочасним натисканням кнопки РЕЖИМ переключити прилад у режим вимірювання потужності фотонного іонізуючого випромінювання. Приєднати до пульта приладу виносний детектор гамма-випромінювання і спостерігати на цифровому індикаторі висвітлювання символу  $\gamma$  і одиниць вимірювання mSv/h.

10. У режимі вимірювання потужності еквівалентної дози фотонного іонізуючого випромінювання до пульта приладу приєднати телефон.

Переконатися в працездатності телефону за звуковою сигналізацією під час реєстрації гамма-квантів.

### Порядок роботи з приладом:

Контроль розрядженості батареї акумуляторів. У процесі роботи приладу, незалежно від режиму його роботи, безперервно відбувається контроль розрядженості акумуляторної батареї. Результати цього контролю відображаються за допомогою символу елемента живлення, що розташований в правому нижньому куті рідкокристалічного індикатора.

Цей символ складається з чотирьох сегментів, які відповідають повній ємності батареї акумуляторів. У разі розрядження батареї приблизно на 25 % її ємності починає мигати перший з чотирьох сегментів, у разі розрядженні приблизно на 50 % – починають мигати три сегменти. У разі повного розрядження батареї акумуляторів мигають усі чотири сегменти символу елемента живлення.

Зарядження батареї акумуляторів. Зарядження батареї акумуляторів проводиться за допомогою вбудованого в пульт автоматичного зарядного пристрою (рис. 2.25).



Рис. 2.25. Зарядження батареї акумуляторів

Зовнішнім джерелом живлення для зарядження може бути блок живлення  $\sim 220 \text{ В}/=12 \text{ В}$ , автомобільний акумулятор (+12 В) або фотобатарея (у польових умовах за умови прямого сонячного світла). Для зарядження зовнішнє джерело живлення необхідно під'єднати до роз'єму на пульті приладу. Автомобільний акумулятор під'єднується за допомогою кабелю живлення, що входить у склад

приладу. Зарядження батареї акумуляторів від блока живлення або автомобільного акумулятора необхідно проводити за температури навколишнього середовища від + 5 до + 40 оС. Зарядження за температури, що не входить в цей діапазон, призведе до зростання часу зарядження та зменшення ресурсу акумуляторної батареї. Процес зарядження батареї акумуляторів виконується автоматично, стан цього процесу індукується світлодіодами ЗАРЯД та КІНЕЦЬ ЗАРЯДУ, що розміщені на панелі індикації приладу (рис. 2.25).

Постійне світіння світло діоду ЗАРЯД інформує про нормальний процес зарядження. Переривчасте світіння цього світлодіоду інформує, що процес зарядження виконується за температури навколишнього повітря, яка вийшла за межі рекомендованого діапазону.

Постійне світіння світлодіоду КІНЕЦЬ ЗАРЯДУ інформує про нормальне завершення зарядження, переривчасте – про некоректне. У разі некоректного завершення зарядження необхідно перевірити стан батареї акумуляторів та зовнішніх джерел живлення.

Вимірювання ПЕД фотонного ІВ. Після увімкнення прилад завжди переходить в режим вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання. Ознаками цього режиму на рідкокристалічному цифровому індикаторі є символи  $\gamma$  і одиниці вимірювання  $\mu\text{Sv/h}$ ,  $\text{mSv/h}$  або  $\text{Sv/h}$  (рис. 2.26).



Рис. 2.26. Вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання ( $\mu\text{Sv/h}$ ) за допомогою комбінованого блока детектування (КБД)

Вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання можна проводити за допомогою комбінованого блока детектування (КБД) або виносного детектора (ВД). Доки до роз'єму на пульті дозиметра не буде приєднаний кабель ВД, дозиметр автоматично почне вимірювати ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання за допомогою ВД. Після з'єднання кабелю ВД від пульта дозиметра він знову почне вимірювати ПЕД за допомогою КБД.

Для вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання за допомогою КБД зорієнтувати КБД метрологічною міткою «+» у напрямку на обстежуваний об'єкт. При вимірюванні ПЕД за допомогою КБД кожний зареєстрований гамма-квант супроводжується коротким звуковим сигналом.

Результати вимірювання почнуть виводитись на цифровий індикатор з інтервалом 2 с відразу після початку вимірювання. Поки статистична похибка результатів вимірювання ПЕД більша ніж допустима відносна основна похибка, що зазначена у керівництві з експлуатації на прилад, цифрові розряди на



рідкокристалічному індикаторі будуть мигати. Початкові результати можна використовувати для оперативної оцінки ПЕД вимірюваного випромінювання.

У процесі інтегрування статистична похибка вимірювань буде зменшуватись і, коли стане меншою ніж допустима відносна основна похибка, мигання цифрових розрядів рідкокристалічного індикатора буде припинено.

Якщо ПЕД вимірюваного випромінювання суттєво не змінюється, то похибка буде зменшуватись. Значна зміна (більше ніж у 10 разів) ПЕД вимірюваного випромінювання призведе до автоматичного перезапуску процесу інтегрування, що надасть можливість швидкої оцінки новою ПЕД.

Процес інтегрування можна також перезапустити примусово коротким натисканням кнопки  $\gamma/\beta$ .

Результатом вимірювання ПЕД слід вважати кожне значення ПЕД отримане після припинення мигання цифрових розрядів рідкокристалічного індикатора.

Миттєве значення інтенсивності випромінювання можна оцінити за аналоговим індикатором, що знаходиться в правому верхньому полі рідкокристалічного індикатора. Аналоговий індикатор складається з двадцяти сегментів, що перекривають весь діапазон вимірювального каналу в псевдологарифмічному масштабі.

Для вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання за допомогою ВД необхідно під'єднати кабель ВД до роз'єму на пульті приладу та розмістити ВД біля об'єкта, що обстежується. При вимірюванні ПЕД за допомогою ВД зареєстровані гамма-кванти не супроводжуються звуковими сигналами.

Результатом вимірювання ПЕД слід вважати середнє арифметичне з п'яти останніх вимірювань, отриманих через 15 с після початку вимірювання.

Аналогічно роботі з КБД, миттєве значення інтенсивності випромінювання можна оцінити за аналоговим індикатором.

Для запису результату вимірювання в енергонезалежну пам'ять необхідно короткочасно натиснути кнопку УВМК. Це викличе появу на рідкокристалічному індикаторі символу Р і трьох десяткових розрядів праворуч від нього, що визначають номер об'єкта, на якому відбувалося вимірювання. Номер об'єкта може бути заданий в діапазоні від 000 до 999.

Завдання номера об'єкта відбувається за допомогою кнопок  $\gamma/\beta$  і РЕЖИМ. Короткочасне натискання кнопки  $\gamma/\beta$  змінює на одиницю значення десяткового розряду, що мигає. Натискання кнопки  $\gamma/\beta$  і утримування її в такому стані призводить до автоматичної послідовної зміни значення десяткового розряду, що мигає. Відпускання кнопки  $\gamma/\beta$  припиняє цю зміну значень. Короткочасне натискання кнопки РЕЖИМ дозволяє почати зміну значення наступного десяткового розряду. Тепер цей розряд починає мигати.

Запис в енергонезалежну пам'ять результату вимірювання ПЕД та номера об'єкта відбувається після короткочасного натискання кнопки УВМК і супроводжується характерним миганням аналогового індикатора.

Одночасно із записом цієї інформації, в енергонезалежну пам'ять автоматично записується час та дата проведення запису. Інформація про час і дату береться з лічильника часу та дати приладу.

Цей лічильник працює безперервно з моменту встановлення акумуляторів у відсік живлення приладу. Прив'язка цього лічильника до реального часу та дати відбувається під час обміну інформацією з персональним комп'ютером (ПК) через інфрачервоний порт.

Після запису прилад автоматично повернеться до режиму вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання.

Якщо протягом 16 с не буде зроблений запис, прилад автоматично повернеться в режим вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання.

Вимірювання щільності потоку бета-частинок. Для переходу з режиму вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання в режим вимірювання щільності потоку бета-частинок необхідно натиснути та утримувати в такому стані кнопку  $\gamma/\beta$  не менше 2 с. Кабель ВД обов'язково має бути від'єднаний від роз'єму на пульті приладу. Ознаками режиму вимірювання щільності потоку бета-частинок на рідкокристалічному цифровому індикаторі є символ  $\beta$  і одиниці вимірювання  $103/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$ .

Вимірювання щільності потоку бета-частинок можна проводити тільки за допомогою КБД. Для цього необхідно відкрити вікно бета-детектора КБД, зорієнтувати його торцем паралельно поверхні, що обстежується, і розташувати на мінімальній відстані. Кожна зареєстрована бета-частинка буде супроводжуватися коротким звуковим сигналом.

Результати вимірювання почнуть виводитись на цифровий індикатор з інтервалом 2 с відразу після початку вимірювання (рис. 2.27.).

Поки статистична похибка результатів вимірювання щільності потоку бета-частинок більша ніж допустима відносна основна похибка, цифрові розряди на рідкокристалічному індикаторі будуть мигати. Початкові результати можна використовувати для оперативної оцінки вимірюваної щільності потоку.



Рис. 2.27. Вимірювання щільності потоку бета-частинок

У процесі інтегрування статистична похибка вимірювань буде зменшуватись і, коли стане меншою ніж допустима відносна основна похибка, мигання цифрових розрядів рідкокристалічного індикатора буде припинено.

Якщо щільність вимірюваного потоку бета-частинок суттєво не змінюється, то процес інтегрування буде продовжуватись далі і, відповідно статистична похибка буде зменшуватись. Значна зміна (більше ніж у 10 разів) щільності вимірюваного потоку призведе до автоматичного перезапуску

процесу інтегрування, що надасть можливість швидкої оцінки нової щільності. Процес інтегрування можна також перезапустити примусово коротким натисканням кнопки  $\gamma/\beta$ .

Результатом вимірювання щільності потоку бета-частинок слід вважати кожне значення щільності, що отримане після припинення мигання цифрових розрядів рідкокристалічного індикатора.

Миттєве значення інтенсивності потоку бета-частинок (рис. 2.27.) можна також оцінити за аналоговим індикатором, що знаходиться в правому верхньому полі рідкокристалічного індикатора. Аналоговий індикатор складається з двадцяти сегментів, що перекривають весь діапазон вимірювального каналу в псевдологарифмічному масштабі.

У приладі реалізована можливість вимірювання та запам'ятовування сумарного значення власного гамма-фону детектора та гамма-фону об'єкта, що досліджується, для подальшого його віднімання від результатів вимірювання щільності потоку бета-частинок. Відразу після переходу приладу в режим вимірювання щільності потоку бета-частинок на рідкокристалічному індикаторі спостерігається мигаючий символ  $\gamma$  який свідчить про те, що значення гамма-фону у результатах вимірювання щільності потоку бета-частинок не враховано.

Для вимірювання гамма-фону необхідно закрити за допомогою фільтра вікно бета-детектора, розташувати його біля об'єкта, що досліджується, короткочасним натисканням кнопки  $\gamma/\beta$  перезапустити процес інтегрування та дочекатись, коли цифрові розряди на рідкокристалічному індикаторі припинять мигання. Цей процес тривалий і може сягати до 10 хв на рівнях, близьких до фонових. Після припинення мигання цифрових розрядів на рідкокристалічному індикаторі необхідно короткочасно натиснути кнопку РЕЖИМ для запам'ятовування вимірюваного гамма-фону. Про те, що гамма-фон запам'ятовано і віднімається від результатів вимірювання щільності потоку бета-частинок, свідчить відсутність символу  $\gamma$  та значення на рідкокристалічному індикаторі, що близькі до нульових. Після цього відкрити вікно бета-детектора.

Подальші вимірювання будуть відбуватися з автоматичним відніманням запам'ятованого гамма-фону.

Під час зміни об'єкта, що досліджується, перед вимірюванням щільності потоку бета-частинок від нього необхідно видалити з пам'яті попереднє значення гамма-фону та виконати нове вимірювання та запам'ятовування гамма-фону. Для цього необхідно:

– натиснути кнопку  $\gamma/\beta$  й утримувати її в натиснутому стані до появи на рідкокристалічному індикаторі символу  $\gamma$  і одиниць вимірювання  $\mu\text{Sv/h}$ .

Це переключить прилад з режиму вимірювання щільності потоку бета-частинок у режим вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання;

– повторно натиснути кнопку  $\gamma/\beta$  й утримувати її в натиснутому стані до появи на рідкокристалічному індикаторі символу  $\beta$ , мигаючого символу  $\gamma$  і одиниць вимірювання  $10^3/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$ . Це переключить прилад з режиму вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання в режим вимірювання щільності потоку бета-частинок;

– виконати вимірювання та запам'ятовування гамма-фону за вищенаведеною методикою.

Запис результату вимірювання щільності потоку бета-частинок в енергонезалежну пам'ять буде заблоковано доти, поки не буде виміряно та запам'ятовано гамма-фон. Про це свідчить мигаючий символ  $\gamma$  на цифровому індикаторі. Після вимірювання та запам'ятовування гамма-фону блокування знімається і результат вимірювання можна записати до енергонезалежної пам'яті аналогічно до запису ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання.

**Індикація вимірюваного значення ЕД фотонного ІВ.** Вимірювання ЕД відбувається за допомогою вбудованого у пульт ВДД. Вимірювання починається відразу після умікання приладу і виконується незалежно від режиму його роботи. На момент увімкнення приладу значення ЕД буде рівне 0,000 мЗв. За умов рівня гамма-фону, що близький до нормального природного, зміна молодшого розряду шкали ЕД на рідкокристалічному індикаторі на одиницю відбудеться приблизно через 10 год. Виміряні значення ЕД автоматично запам'ятовуються в енергонезалежній пам'яті з інтервалом 5 хв.

У режим індикації вимірюваного значення ЕД фотонного іонізуючого випромінювання прилад можна перевести з будь-якого іншого режиму роботи короткочасними натисканнями кнопки РЕЖИМ. Цей режим є наступним після режиму вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання або щільності потоку бета-частинок. Ознаками режиму індикації вимірюваного значення ЕД на рідкокристалічному індикаторі є символ  $\gamma$  і одиниці вимірювання mSv.

**Індикація часу накопичення ЕД фотонного ІВ.** В режим індикації часу накопичення ЕД фотонного іонізуючого випромінювання прилад можна перевести з будь-якого іншого режиму роботи короткочасними натисканнями кнопки РЕЖИМ. Він є наступним після режиму індикації ЕД фотонного іонізуючого випромінювання. У цьому режимі на рідкокристалічному індикаторі відображається час в форматі: ГГ.ХХ, де ГГ – години, а ХХ – хвилини накопичення ЕД. Години та хвилини розділені точкою, що мигає з частотою 1 Гц.

**Перегляд результатів вимірювань, записаних в енергонезалежну пам'ять.** Якщо в енергонезалежній пам'яті є записані результати вимірювань ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання або щільності потоку бета-частинок, то прилад з будь-якого іншого режиму роботи можна перевести в режим перегляду результатів вимірювань короткочасними натисканнями кнопки РЕЖИМ.

Він є наступним після режиму індикації часу накопичення ЕД фотонного іонізуючого випромінювання. Якщо ж в енергонезалежній пам'яті не має записаних результатів вимірювань ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання або щільності потоку бета-частинок, то під час натискання кнопки РЕЖИМ прилад із режиму індикації часу накопичення ЕД відразу переходить у режим вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання.

Ознакою режиму перегляду результатів вимірювань на цифровому індикаторі є символ Arch, що чергується з викликаним із пам'яті результатом вимірювання. У цьому режимі на рідкокристалічному індикаторі може відобразитись як результат вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання або щільності потоку бета-частинок, так і номер об'єкта, до якого це вимірювання відноситься. Короткочасними натисканнями кнопки  $\gamma/\beta$  можна відобразити на індикаторі або результат вимірювання, або номер об'єкта, до якого це вимірювання відноситься.

Короткочасне натискання кнопки УВМК дозволяє перейти до перегляду наступного результату вимірювання, або номера об'єкта.

Результати вимірювання ЕД фотонного іонізуючого випромінювання, що автоматично зберігаються в енергонезалежній пам'яті, можна переглянути лише за допомогою ПК. Для цього інформацію з енергонезалежної пам'яті необхідно передати у ПК через інфрачервоний порт.

**Передача інформації з енергонезалежної пам'яті через інфрачервоний порт у ПК.** Для передачі інформації з енергонезалежної пам'яті у ПК необхідно прилад в увімкненому стані розташувати навпроти вікна адаптера інфрачервоного порту таким чином, щоб вікно інфрачервоного порту дозиметра, яке знаходиться на передній стінці кожуха пульта, знаходилося на відстані не більше 30 см від вікна адаптера. На ПК, до якого підключений адаптер інфрачервоного порту, має бути запущено програмне забезпечення, яке приймає та оброблює інформацію від приладу.

Час передачі результатів вимірювання у ПК залежить від кількості записаних в енергонезалежну пам'ять результатів та становить від 5 до 45 с.

Про закінчення процедури передачі свідчить звуковий сигнал і відповідне повідомлення на моніторі ПК.

Після коректного завершення передачі в ПК інформація з енергонезалежної пам'яті приладу стирається.

У процесі передачі інформації також відбувається програмування лічильника часу та дати приладу даними про реальні час та дату з ПК. Цей лічильник працює безперервно і незалежно від обраного режиму роботи дозиметра та його стану (увімкнений або вимкнений) з моменту встановлення акумуляторів у відсік живлення дозиметра.

Стирання інформації з енергонезалежної пам'яті дозиметра можливе в режимі вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання або щільності потоку бета-частинок. Для стирання інформації з енергонезалежної пам'яті необхідно:

- натиснути і, утримуючи в натиснутому стані кнопку УВМК, короткочасно натиснути кнопку РЕЖИМ. Це викличе появу на цифровому індикаторі символу Arch;

- відпустити кнопку УВМК та повторно короткочасно натиснути кнопку РЕЖИМ. Це призведе до стирання інформації з енергонезалежної пам'яті, про що буде свідчити дворазове мигання символу Arch.

**Дозиметр-радіометр МКС-05 "ТЕРРА".**

Дозиметр-радіометр МКС-05 "ТЕРРА" (далі в тексті - дозиметр) призначений для вимірювання еквівалентної дози (далі ЕД) і потужності амбієнтного еквівалента дози (далі ПЕД) гамма- та рентгенівського випромінень (далі – фотонного іонізуючого випромінювання), а також поверхневої густини потоку частинок бета-випромінювання.

Дозиметр використовується для дозиметричного і радіометричного контролю на промислових підприємствах; для екологічних досліджень; для контролю радіаційної чистоти житлових приміщень, будівель і споруд, прилеглих до них територій, предметів побуту, одягу, поверхні ґрунту на присадибних ділянках, транспортних засобів.

Дозиметр виконаний у вигляді моноблока, в якому розміщені детектор гамма- і бета- випромінювань, друкована плата зі схемою формування анодної напруги, цифрової обробки, управління та індикації, а також елементи живлення.

Детектор гамма і бета-випромінювань перетворює випромінювання в послідовність імпульсів напруги, кількість яких пропорційна інтенсивності реєстрованого випромінювання.

Схема формування анодної напруги, цифрової обробки, управління та індикації здійснює:

- масштабування і лінеаризацію лічильної характеристики детектора;
- вимір ПЕД фотонного іонізуючого випромінення та поверхневої густини потоку бета-частинок шляхом вимірювання середньої частоти імпульсів, що надходять з виходу детектора;
- вимір ЕД фотонного випромінювання шляхом вимірювання загальної кількості імпульсів, що надходять з виходу детектора;
- вимір часу накопичення ЕД та реального часу;
- формування і стабілізацію анодної напруги детектора;
- управління режимами роботи дозиметра;
- відображення результатів вимірювань.

Для живлення дозиметра застосовується батарея з двох елементів типорозміру ААА.

Дозиметр виконаний в плоскому прямокутному пластмасовому корпусі з закругленими кутами (рис. 2.28).

Корпус приладу складається з верхньої та нижньої кришок. В середній частині верхньої кришки дозиметра розташовано панель індикації, ліворуч і справа над нею - дві клавіші управління роботою дозиметра, а в верхній частині кришки - гучномовець.

У нижній кришці приладу розміщено відсік для елементів живлення, а також вікно для вимірювання поверхневої густини потоку бета-частинок. Відсік живлення і вікно закриваються відповідно кришками, фіксація яких здійснюється за рахунок властивостей пружності матеріалу.



Рис. 2.28. Дозиметр-радіометр МКС-05 "ТЕРРА".

1 – верхня кришка, 2 – нижня кришка, 3 – панель індикації, 4 – клавіші управління роботи дозиметра, 5 – гучномовець.

В середині корпусу знаходиться друкована плата, на якій розташовані всі елементи електричної схеми, за винятком гучномовця (рис. 2.29).

Гучномовець прикріплюється до верхньої кришки і електрично під'єднується до друкованої плати за допомогою пружинних контактів. Друкована плата прикріплюється до верхньої кришки корпусу гвинтами.

Нижня кришка скріплюється з верхньою кришкою за рахунок зчеплення спеціальних конструктивних елементів, а також за допомогою двох гвинтів.

Цими ж гвинтами прикріплюються контакти для підключення елементів живлення.

Органи управління і індикації дозиметра мають відповідні написи. На нижній кришці приладу нанесена інформаційна таблиця. Для правильного підключення елементів живлення на дні відсіку живлення нанесені знаки полярності.



Рис. 2.29. Дозиметр-радіометр МКС-05 "ТЕРРА".

6 – відсік живлення, 7 – вікно для вимірювання поверхневої щільності потоку бета частинок, 8 – кришка відсіку живлення, 9 – кришка вікна для вимірювання поверхневої щільності потоку бета частинок,  
10 – друкована плата.

Відповідно до структурної схемою дозиметр складається з батареї елементів живлення, кнопок управління РЕЖИМ та ПОРІГ, схеми цифрової обробки та управління, формувача анодної напруги для детектора іонізуючих випромінювань, схеми управління детектором, незалежній пам'яті, гучномовця і цифрового рідкокристалічного індикатора.

Батарея елементів живлення складається з двох гальванічних елементів типорозміру ААА із загальним номінальним напругою 3,0 В і служить для енергоживлення схеми дозиметра.

Кнопки РЕЖИМ та ПОРІГ служать для увімкнення дозиметра, завдання відповідного режиму роботи та програмування порогових рівнів спрацювання звукової сигналізації.

Схема цифрової обробки та управління реалізована на базі мікропроцесора і служить для управління режимами роботи дозиметра, управління формувачем анодної напруги, цифрової обробки імпульсних послідовностей від детектора іонізуючих випромінювань, формування сигналів, керуючих цифровим рідкокристалічним індикатором, а також можна показати ознак режимів вимірювання.

Пристрій для формування анодної напруги побудований за схемою чекаючого мультівібратора з трансформаторних множенням напруги і служить для формування анодної напруги + 400 В, необхідного для роботи детектора іонізуючих випромінювань.

Схема управління детектором іонізуючих випромінювань виконана на основі ряду комутуючих та нормують елементів і служить для нормування "Мертвого часу" детектора.

Незалежна пам'ять реалізована на основі EEPROM і служить для записи калібрувальних коефіцієнтів, які записуються при калібруванні дозиметра.

Як гучномовця використаний пьезоакустическій перетворювач, призначений для озвучування кожних реєстрованих гамма-кванта чи бета-частинки, а також для звукової сигналізації при перевищенні запрограмованих порогових рівнів ПЕД, ЕД або поверхневої густини потоку бета- частинок.

Детектором іонізуючих випромінювань (ДІ) служить газорозрядний лічильник Гейгера-Мюллера типу СБМ-20-1. Він призначений для детектування гамма-і бета- випромінювань, параметри яких вимірюються дозиметром.

Цифровий рідкокристалічний індикатор являє собою чотирьохрозрядний цифровий рідкокристалічний індикатор статичного типу і служить для візуалізації результатів вимірювань в різних режимах роботи дозиметра.

**Дозиметр працює наступним чином.**



У вимкненому стані схема дозиметра знаходиться в мікроспоживчому режимі роботи (одиниці мкА), в якому підтримується тільки процес відліку реального часу процесором.

При короткочасному натисканні кнопки РЕЖИМ процесор переходить в активну стан і видає сигнали управління для ФАН, який починає формувати напруга +400 В для роботи лічильника СБМ-20-1. одночасно процесор включається в пріоритетний режим вимірювання ПЕД фотонного іонізуючого випромінювання, про що він сигналізує миготливим світлодіодом навпроти відповідних мнемонічних позначень під ЦІ. Оцінюючи інтенсивність імпульсного потоку від лічильника Гейгера-Мюллера, процесор автоматично задає інтервал та піддіапазон виміру. За допомогою СУД процесор з високою точністю нормує тривалість "мертвого часу" при кожному спрацьовуванні лічильника, який дозволяє враховувати його в застосованому алгоритмі обробки імпульсного потоку для лінеаризації лічильної характеристики і розширення динамічного діапазону лічильника СБМ-20-1.

Послідовним короткочасним натисканням кнопки РЕЖИМ забезпечується вибір відповідних режимів роботи дозиметра. При цьому кожен раз процесор ініціює висвічування ознак відповідності інформації у вигляді миготливих світлодіодів навпроти відповідних мнемонічних позначень під ЦІ або характерних ознак на самому ЦІ. Натисканням кнопки ПОРІГ в відповідному режимі вимірювання процесор переводиться в режим програмування значень порогових рівнів спрацьовування звукової сигналізації.

При кожному натисканні кнопок ПОРІГ та РЕЖИМ вмикається підсвітка цифрової шкали дозиметра на час до 5 с. Вимкнення дозиметра здійснюється натисканням і утриманням в натиснутому стані кнопки РЕЖИМ протягом 4 с.

### **Персональний детектор випромінювання Polimaster PM1610A, Polimaster PM 1703 GNA».**

Дозиметр Polimaster PM1610A призначений для:

- вимірювання потужності індивідуального еквіваленту дози Нр (10) (далі по тексту - ПЕД) безперервного і імпульсного рентгенівського і  $\gamma$ -випромінювання (далі по тексту фотонного);
- вимірювання індивідуального еквівалента дози Нр (10) (далі по тексту - ЕД) безперервного і імпульсного фотонного випромінювання;
- вимірювання часу набору ЕД;
- видачі звукової, світлової та вібраційної сигналізації при перевищенні порогових значень ЕД або ПЕД;
- індикації часу в годинах, хвилинах;
- передачі інформації, накопиченої і збереженої в незалежній пам'яті дозиметра в персональний комп'ютер (ПК).

Дозиметр може використовуватися в місцях, де випромінювання є небезпечним для здоров'я людей (співробітниками митних і прикордонних

служб, медичних установ, транспортних організацій, персоналом атомних установок, радіологічних та ізотопних лабораторій, співробітниками аварійних служб, цивільної оборони, пожежної охорони, поліції), а також широким колом споживачів для вимірювання ПЕД та ЕД фотонного випромінювання.

Дозиметр відноситься до виробів третього порядку по ГОСТ 12997-84 і по стійкості і міцності до кліматичних впливів відповідає групі виконання С4 по ГОСТ 12997-84, але для наступних умов експлуатації:

- температура навколишнього повітря від мінус 20 до плюс 50 °С;
- відносна вологість повітря до 98% при температурі 35 °С;
- атмосферний тиск від 84 до 106,7 кПа.

Зовнішній вигляд дозиметра наведено на рис. 2.30.

Дозиметр виконаний в ударопрочном пластмасовому корпусі. На передній панелі дозиметра розташований матричний РКІ і дві кнопки управління.

На верхній торцевій частині дозиметра розташований міні USB роз'єм для зовнішнього підключення до ПК (закритий заглушкою), світлодіодний індикатор світловий (візуальної) сигналізації "тривога" і отвір звукової сигналізації. На тильній стороні дозиметра розташований шильдик з умовним позначенням та серійним номером дозиметра.

Кабель, що входить в комплект поставки дозиметра, призначений для підключення дозиметра до ПК.

#### **Підготовка дозиметра до роботи.**

Перед початком роботи з дозиметром необхідно уважно вивчити всі розділи даного РЕ.

Витягти дозиметр з упаковки.

Зарядити вбудований акумулятор дозиметра.

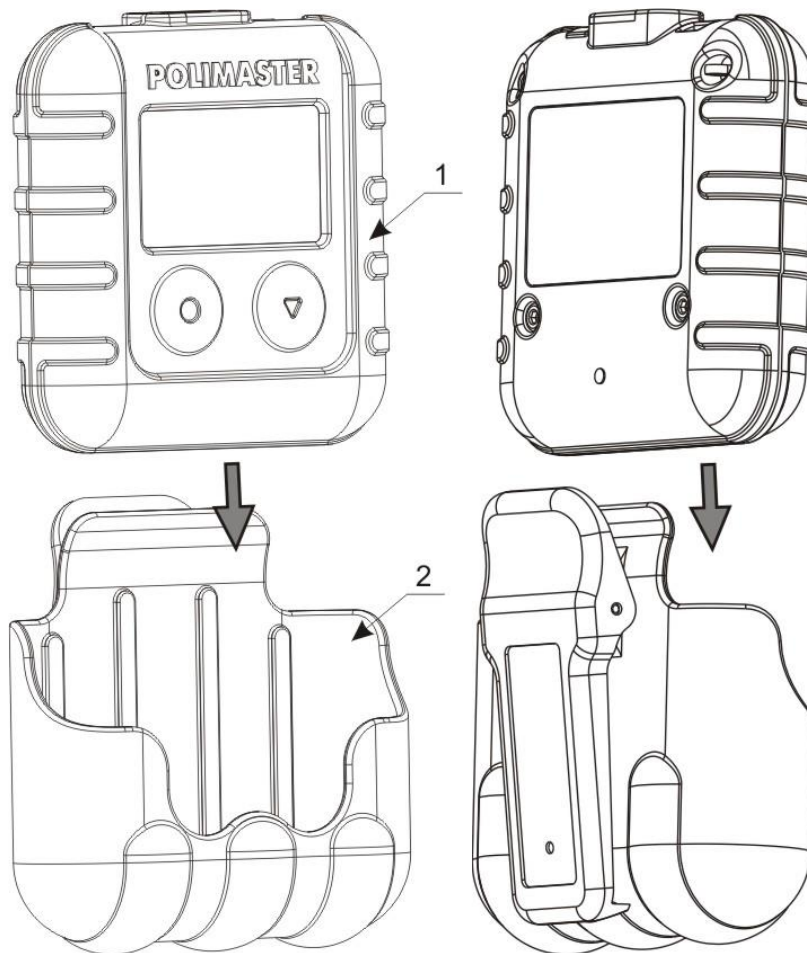


Рис. 2.30. Зовнішній вигляд дозиметра.  
1 - дозиметр; 2 - чохол з кліпсою.

#### Зарядка акумулятора:

- зняти захисну кришку з гнізда роз'єму USB дозиметра (рисунок 1.2);
- підключити дозиметр за допомогою кабелю USB A - USB mini B до USB порту включеного ПК або до зарядного пристрою, підключеного до мережі живлення.

При підключенні до ПК або зарядного пристрою дозиметр включається автоматично. Зарядка акумулятора проводиться до повного зафарбовування іконки елемента живлення (розташована зліва вгорі на РКІ). Під час зарядки акумулятора постійно включена зелена світлова сигналізація.

Примітка - При підключенні дозиметра до ПК дозиметр автоматично переходить в режим зв'язку з ПК (USB). Для зменшення часу заряду акумулятора необхідно вийти з режиму зв'язку з ПК, натиснувши кнопку "НАЗАД".

Час повного заряду вбудованого акумулятора дозиметра складає приблизно 3 ч. Після зарядки батареї необхідно відключити кабель від дозиметра і встановити на місце захисну кришку.

Включити дозиметр. Для увімкнення дозиметра необхідно тривало натиснути будь-яку кнопку, поки не включиться РКІ. При включенні дозиметр

проводить самодіагностику і автоматично переходить в режим вимірювання ПЕД. Через 60 секунд після включення дозиметр готовий до роботи.

Після включення дозиметр повинен перейти в режим вимірювання ПЕД. На РКІ повинна відтворюватись інформація (рисунок 2.1). Приблизно через 60 секунд після включення дозиметр готовий до роботи. При встановленні значення відносної середньоквадратичної похибки середнього значення показань (далі по тексту - статистична похибка) менше 15% зчитують значення ПЕД. Значення ПЕД (при нормальному радіаційному  $\gamma$ - тлі) має бути в межах від 0,05 до 0,2 мкЗв / год.

При натисканні на кнопки повинна включатися підсвічування РКІ. Приблизно через 6, 20 або 60 с (встановлено в режимі "ВСТАНОВЛЕННЯ"), якщо за цей час не було натиснуто жодних кнопок, підсвічування повинна автоматично вимикатися. При відсутності підсвічування РКІ необхідно її включити в режимі "ВСТАНОВЛЕННЯ".

Перевірити можливість включення кожного режиму роботи дозиметра. При контролі працездатності дозиметра на РКІ повинні бути відсутніми повідомлення про помилки.

Вимкнути дозиметр. Для виключення дозиметра необхідно увійти в "ВСТАНОВЛЕННЯ", шляхом натискання кнопки "СЛІД" перейти до рядка "ВИКЛ. ПРИЛАД" і натиснути кнопку "ВИБІР", потім підтвердити вимикання, натиснувши кнопку "ТАК".

Вимірювач-сигналізатор пошуковий Polimaster PM 1703 GNA призначений для:

- пошуку, виявлення та локалізації радіоактивних (і ядерних) матеріалів по їх зовнішньому гамма (і нейтронного) випромінювання з подачею тривожних сигналів спрацьовування і індикацією на РКІ середньої швидкості рахунку гамма-випромінювання і середньої швидкості рахунку нейтронного випромінювання (в сигналізаторах, що мають детектор нейтронного випромінювання);

- вимірювання потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання  $N * (10)$  по лінії  $^{137}\text{Cs}$  в колімірованні випромінюванні (далі - ПЕД).

Сигналізатор може експлуатуватися як в приміщеннях, так і на відкритому повітрі.

Сигналізатор може застосовуватися широким колом споживачів, які за родом своєї діяльності пов'язані з виявленням і локалізацією джерел іонізуючих випромінювань.

Історія роботи сигналізатора зберігається в незалежній пам'яті і може бути передана в персональний комп'ютер (ПК) через інфрачервоний (ІК) канал зв'язку.

Сигналізатор виконаний в малогабаритному корпусі з міцної пластмаси, захищеному від водяних струменів і пилу. Зовнішній вигляд сигналізатора, розташування основних функціональних частин, детекторів, їх ефективних центрів і напрямок градування показані на рис. 2.31.

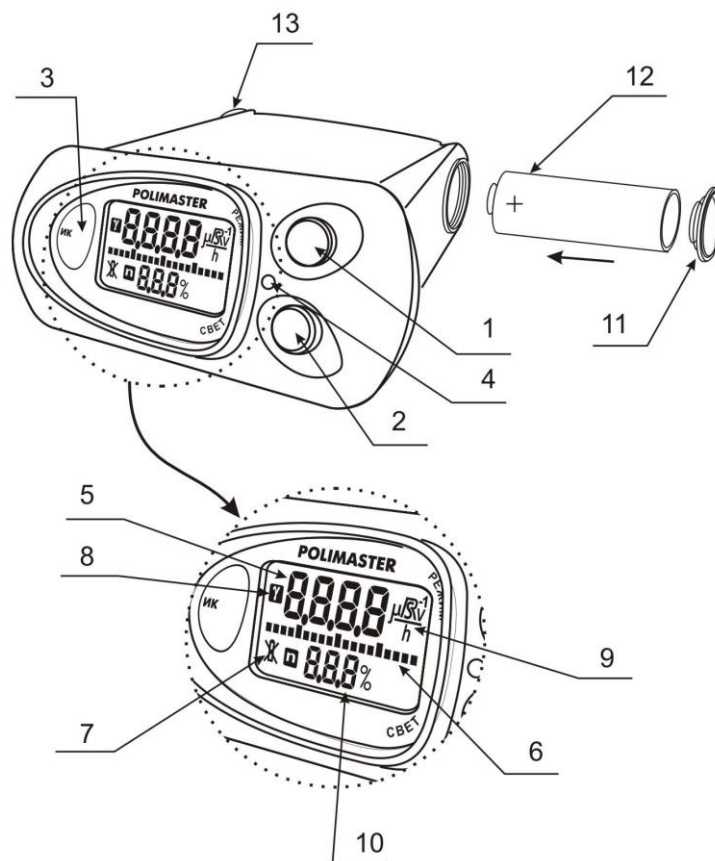


Рис. 2.31. Вимірювач-сигналізатор пошуковий Polimaster PM 1703 GNA.

1 - Кнопка MODE (РЕЖИМ) - включення сигналізатора, перемикання робочих режимів; калібрування за рівнем фону, зміна параметрів в режимі установок;

2 - Кнопка LIGHT (СВІТЛО) - включення підсвічування РКІ, включення ІК зв'язку з ПК; зміна параметрів в режимі установок, вимикання сигналізатора;

3 - вікно ІК приймально-передавача;

4 - світлодіодний індикатор;

5 - верхній рядок РКІ, служить для відображення: - швидкості рахунку, s-1 (в режимі пошуку); - значення ПЕД гамма-випромінювання,  $\mu\text{Sv} / \text{h}$  (в режимі вимірювання ПЕД); - повідомлень "test", "CAL", "OL", "OFF", "P-X.X" і ін.; - види сигналізації (звукова або вібраційна);

6 - аналогова шкала, що складається з 19 сегментів, служить для: - вказівки часу до закінчення внутрішніх тестів процесора - зменшення числа сегментів аж до їх зникнення; - вказівки часу до закінчення калібрування за рівнем фону - збільшення числа сегментів до повного заповнення шкали;

7 - значок розряду елемента живлення;

8 - значок, який вказує на індикацію параметрів гамма-випромінювання;

9 - покажчик розмірності яку вказують величини: - «s-1» - в режимі пошуку гамма-випромінювання; - « $\mu\text{Sv} / \text{h}$ » - в режимі індикації ПЕД;

10 - нижня строчка РКІ, служить для: - індикації середньостатистичної очікуваної похибки індикації ПЕД,%; - індикації середньої швидкості рахунку нейтронного випромінювання, (s-1) 1);

11 - кришка відсіку елемента живлення;

12 - елемент живлення;

13 - звукова сигналізація.

Сигналізатор забезпечений знімною кліпсою, за допомогою якої його можна носити на поясному ремені. За допомогою викрутки відвести пружину з засувки та акуратно зрушити кліпсу у напрямку до лицьової панелі. Кліпсу надіти на кронштейн і зрушити до замикання пружини.

Для включення сигналізатора в процесі експлуатації необхідно натиснути кнопку MODE.

Відразу після включення повинна включитися підсвічування РКІ і висвітитися все сегменти РКІ, одночасно, приблизно на 1 с, повинна включитися сигналізація (звукова і / або вібраційна), сигналізатор повинен перейти в режим тестування. У режимі тестування на РКІ, протягом кілька секунд, відображається номер програмної версії (наприклад, Р-1.4).

Після закінчення тестування сигналізатор повинен перейти в режим калібрування за рівнем фону, на РКІ відображається аналогова шкала з збільшується в часі кількістю сегментів і повідомлення "CAL". Після закінчення калібрування сигналізатор повинен перейти в режим пошуку або індикації ПЕД.

Сигналізатор готовий до роботи.

Для виключення сигналізатора натиснути і утримувати кнопку LIGHT більше 5 с. при цьому на РКІ з'являється повідомлення "OFF".

Увага! Сигналізатор автоматично вимикається (на РКІ відображається напис "OFF") після зчитування історії роботи сигналізатора в режимі зв'язку з ПК.

### **Дозиметр-радіометр пошуковий Polimaster PM1401К-3».**

Дозиметр призначений для:

- вимірювання потужності амбієнтної еквівалентної дози (далі - ПЕД) фотонного випромінювання  $H^*$  (10);

- пошуку (виявлення та локалізації) радіоактивних і ядерних матеріалів шляхом реєстрації  $\gamma$ - і рентгенівського випромінювань (далі - фотонного випромінювання),  $\alpha$ - і  $\beta$ - випромінювань, а для модифікацій МКС-PM1401К-3, МКС-PM1401К-3Р, МКС-PM1401К-3А - і нейтронного випромінювання;

- вимірювання щільності потоку  $\alpha$ - і  $\beta$ - частинок (контроль рівня забруднення поверхонь);

- реєстрації, накопичення і зберігання сцинтиляційних спектрів фотонного випромінювання; - ідентифікації радіонуклідного складу речовини; - вимірювання питомої активності (УА) або об'ємної активності (ОА) радіонукліда  $^{137}\text{Cs}$ .

Дозиметр відноситься до носиться засобів вимірювань іонізуючих випромінювань і може експлуатуватися в лабораторних і польових умовах. Дозиметр може бути використаний для вимірювання і пошуку іонізуючих випромінювань співробітниками радіологічних та ізотопних лабораторій, аварійних служб, співробітниками митних і прикордонних служб для

запобігання несанкціонованого ввезення / вивезення радіоактивних джерел і матеріалів, а також фахівцями різних галузей промисловості, сільського господарства, транспорту, медицини та ін., де використовуються ядерно-технічні установки і джерела іонізуючих випромінювань.

Дозиметр відноситься до виробів третього порядку по ГОСТ 12997-84 і по стійкості і міцності до кліматичних впливів відповідає вимогам групи "М" категорії 1.1 по ГОСТ 15150-69 для експлуатації в районах з морським кліматом.

Дозиметр призначений для роботи в наступних умовах експлуатації:

- діапазон робочих температур від  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- відносна вологість повітря при температурі  $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$  і нижчою до 95%;
- атмосферний тиск від 84 до 106,7 кПа.

Дозиметр виконаний у вигляді портативного приладу, на передній панелі якого розташовані матричний РК, чотирьохклавішні клавіатура, USB роз'єм і знімна кліпса (рис. 2.32).



Рис. 2.32. Зовнішній вигляд дозиметра.

1 - РКІ; 2 - клавіатура; 3 - місце для установки кліпси; 4 - роз'єм для підключення сигналізатора вібраційного і USB-кабелю; 5 - сигналізатор звуковий; 6 - сигналізатор світловий; 7 - кришка батарейного відсіку.

Кліпса встановлюється на корпус дозиметра. На верхній торцевій частині дозиметра розташований сцинтиляційний детектор БДС. На тильній стороні дозиметра розташований детектор Гейгера-Мюллера БДГ, на який встановлюються змінні фільтри, які використовуються при вимірах  $\alpha$ -,  $\beta$ - або  $\gamma$ -випромінювання і дистанційні кільця, що використовуються при вимірах  $\alpha$ - і  $\beta$ -випромінювань.

Детектор нейтронного випромінювання БДН розташований всередині дозиметра. На нижній торцевій частині дозиметра розташовані роз'єм для підключення до ПК і сигналізатора вібраційного, звуковий сигналізатор і знімна кришка батарейного відсіку, в якому розташовані елементи живлення.

#### **Підготовка дозиметра до роботи.**

Витягти дозиметр з упаковки.

Установка елементів живлення:

- за допомогою викрутки відкрутити кришку відсіку;
- встановити два елементи живлення, дотримуючись полярності кожного (електрод кожного елемента, позначений знаком "+", повинен бути звернений усередину дозиметра,
- встановити на місце кришку відсіку. При установці елементів живлення дозиметр включається автоматично.

Включити дозиметр. Після закінчення тестування і калібрування дозиметри МКС-РМ1401К-3, переходить в режим пошуку  $\gamma$ п. На РКІ повинна відтворюватись інформація відповідно до малюнком 10.

При встановленні значення статистичної похибки менше 10% показання швидкості рахунку по  $\gamma$ - каналу (при нормальному радіаційному фоні від 0,05 до 0,2 мкЗв / год) має бути в межах від 15 до 50 с-1.

Перевірити можливість включення кожного режиму роботи дозиметра, яку вказують в меню режимів. Для цього необхідно увійти в меню, натиснувши кнопку «Меню». Потім, натискаючи верхню або нижню кнопку, вибрати режим роботи і натиснути кнопку «Вибір». Перед тим, як увійти в наступний режим необхідно повернутися в режим індикації меню.

Увійти в меню, а потім в режим вимірювання ПЕД. При встановленні значення відносної середньоквадратичної похибки менше 10% значення ПЕД (при нормальному радіаційному  $\gamma$ - тлі) має бути в межах від 0,05 до 0,2 мкЗв / год.

Для увімкнення дозиметра необхідно натиснути і утримувати нижню кнопку на клавіатурі поки дозиметр не включить короткочасну звукову сигналізацію. Через кілька секунд дозиметр входить в режим тестування. На РКІ відображається спадна лінійна шкала і час в секундах, що залишився до кінця тестування. Після закінчення тестування дозиметр входить в режим калібрування.

Калібрування дозиметра здійснюється після завершення режиму тестування, при цьому на РКІ відображається повідомлення «калібрування». Для калібрування дозиметра при роботі в режимі пошуку необхідно увійти в режим індикації меню, вибрати рядок «калібрування» і натиснути кнопку «Вибір».



Після закінчення калібрування дозиметр автоматично входить в режим пошуку.

Дозиметр необхідно зберігати на складі в упаковці виробника без елементів живлення при температурі навколишнього повітря від мінус 30 до плюс 50 ° С і відносній вологості до 95% при температурі 35 ° С. Тривалість зберігання не повинна перевищувати середній термін служби дозиметрів - 10 років. Зберігати дозиметри без упаковки слід при температурі навколишнього повітря від 10 до 35 ° С і відносній вологості 80% при температурі 25 ° С.

У приміщенні для зберігання не повинно бути пилу, парів кислот і лугів, агресивних газів і інших шкідливих домішок, що викликають корозію.

## Глава 2.2. Основи радіометричного аналізу

Основна мета дозиметричних вимірювань – кількісна оцінка впливу ІВ на об'єкт, що знаходиться в полі випромінювання. У більшості випадків вимірювання фізичних величин, що характеризують перенесення енергії ІВ, дозволяє однозначно визначити вплив радіації на досліджуваний об'єкт.

Однак у деяких випадках, наприклад під час визначення біологічних ефектів у живих організмах під час впливу ІВ, цих даних буває недостатньо й необхідні додаткові відомості про розподіл поглиненої енергії у середині організму, про вид та енергію частинок тощо. Зокрема, в умовах радіоактивного зараження особовий склад може зазнавати як зовнішнього, так і внутрішнього опромінення. Оцінка внутрішнього опромінення та накопичення радіоактивних речовин у тілі людини звичайно здійснюється за результатами вимірювання питомої (об'ємної) активності аерозолів і газів, що знаходяться у повітрі, яке вдихається, активності радіоактивних ізотопів у харчових продуктах і воді, за аналізом активності виділень з організму та вимірювання активності тіла або окремих органів людини (щитовидної залози, зубів тощо). Усі ці вимірювання проводять радіометричною апаратурою.

Радіометрія (від радіо...і...етрія) – звичайно сукупність методів вимірювань активності (кількість розпадів за одиницю часу) нуклідів у радіоактивних джерелах. У широкому розумінні – методи вимірювання енергій будь-якого випромінювання.

Об'єктом вимірювання в радіометрії часто є не макрооб'єкти, а елементарні частинки, кванти тощо. Це визначає специфіку методів радіометричних гамма-вимірювань, які використовуються у технічних засобах. Завдання, що виникають під час створення радіометричної апаратури для вимірювання ІВ, містить у собі не тільки реєстрацію струму в ланцюзі детектора або кількість імпульсів, що надходять. Крім вимірювання потоку частинок або квантів, активності радіонуклідів тощо у багатьох випадках необхідна більш повна інформація про випромінювання. Більшість подібних завдань вирішуються вимірюванням параметрів імпульсів, що надходять від детектора. Вимірювані дискретні сигнали, крім таких параметрів, як кількість або середня частота, характеризуються амплітудою, геометричною формою та часом появи.

Вимірювання цих характеристик імпульсів дозволяє встановити основні параметри ІВ: енергію, вид частинок, тимчасову кореляцію, просторові характеристики. Це завдання вирішують пристрої, що складають самостійний клас приладобудування, – спектрометрична апаратура.

На сучасному етапі розвитку системи військової дозиметрії необхідною умовою достовірного і своєчасного забезпечення командира та штабу кількісними характеристиками радіаційної небезпеки є встановлення енергетичних характеристик гамма-випромінювання (рис. 2.32, 2.33) за допомогою польових спектрометрів.

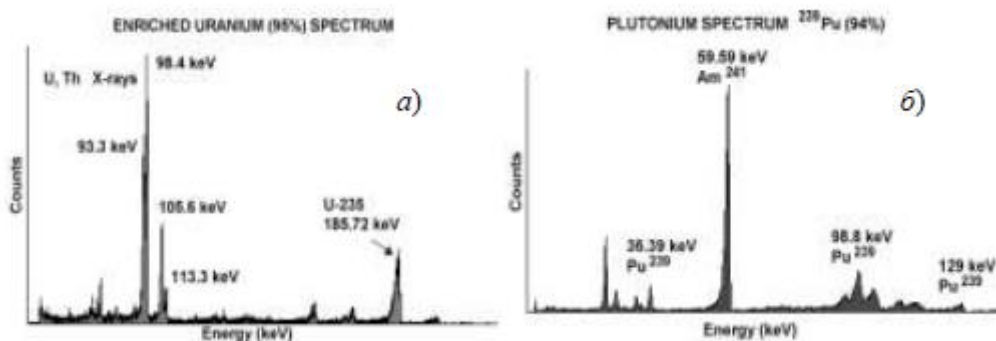


Рис. 2.32. Енергетичний спектр гамма-квантів виміряний CZT детектором від:  
а) збройного урану; б) збройного плутонію

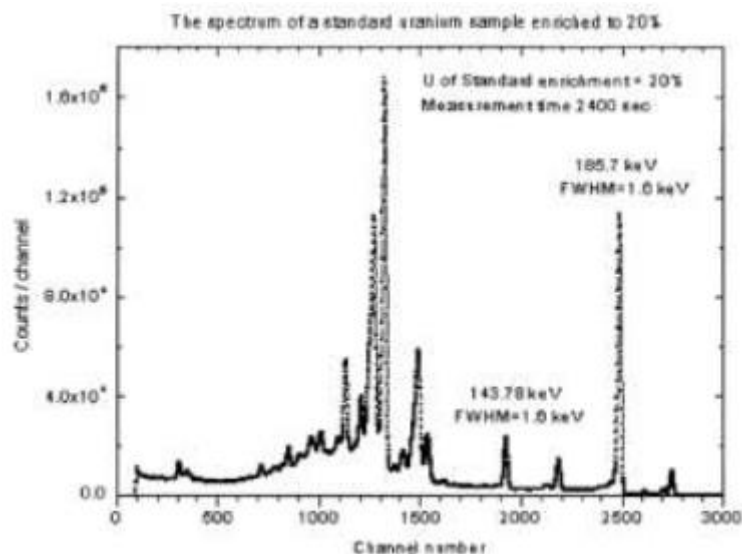


Рис. 2.33. Спектр зразка урану, збагаченого ураном-235 до 20 %  
Це дозволить військам РХБ захисту оперативно оцінювати рівні забрудненості та склад радіонуклідів різного походження.

Аналіз наслідків впливу Чорнобильської катастрофи на Збройні Сили показує суттєву відмінність енергетичних характеристик радіоактивного випромінювання суміші аварійного викиду АЕС від випромінювання продуктів поділу пального ядерного боєприпасу, а також велику частку радіоактивних речовин низької активності в суміші аварійного викиду АЕС.

У цих умовах, якщо помилки, що виникають під час вимірювання радіоактивного зараження предметів (бойової техніки, споруд, обмундирування та інших предметів) військовими приладами типу ДП-5В, ИМД-5, ИМД-1 (похибка вимірювання становить 25–30 %), не впливають суттєво на бойову здатність військ, то помилки, які виникають під час контролю за зараженістю радіоактивними речовинами продуктів харчування, фуражу, води, готової їжі, можуть призвести до серйозних ускладнень у здоров'ї та боєздатності особового складу. А це може суттєво впливати на бойову діяльність військ, їх боєготовність. Точні вимірювання їжі, продуктів харчування, води, можуть бути проведені в спеціальній радіометричній лабораторії, яка оснащена спеціальними радіометричними приладами, обладнанням для приготування препаратів із проб матеріалів, забруднених радіоактивними речовинами.

Основними завданнями радіометричного контролю є:

- вимірювання активності радіоактивних препаратів;
- визначення віку радіоактивних речовин після їх утворення.

Етапи радіометричного контролю наведені на рис. 2.34.

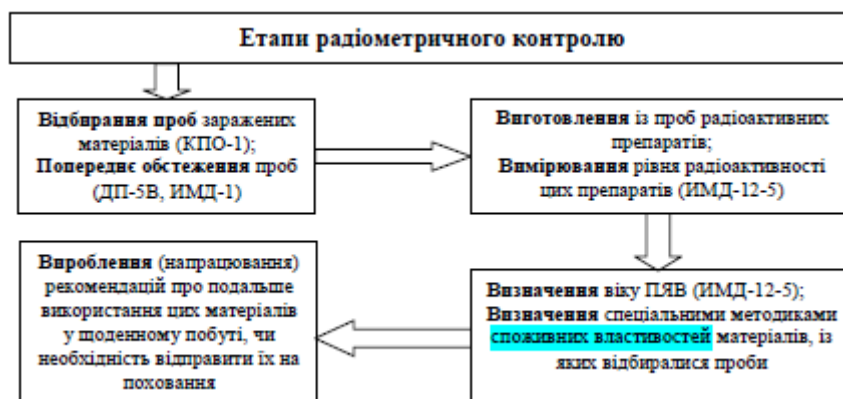


Рис. 2.34. Етапи радіометричного контролю

Проби для аналізу доставляються в лабораторію особовим складом підрозділів радіаційної, хімічної, біологічної розвідки або представниками різних служб – продовольчої, речової, паливо-мастильних матеріалів тощо.

Проби, доставлені в лабораторію, реєструються в журналі реєстрації проб (дод. 3), після чого вони проходять попереднє обстеження на наявність поверхневої зараженості радіоактивними речовинами.

За наявністю зараженості така проба підлягає аналізу. З цією метою виписується направлення на аналіз за спеціальною формою. Після цього із проб готуються радіоактивні препарати за відповідними методиками. Підготовлені препарати підлягають вимірюванню за допомогою радіометричних установок.

Одержані дані вимірювань заносяться до робочого зошита реєстрації результатів аналізу проб на радіоактивну зараженість. Дані аналізу реєструються в журналі реєстрації результатів аналізу проб і висновків за ними.

На запитання постачальників проб або за рішенням старших начальників видається офіційний висновок щодо аналізів проб.

### **Контроль проб, які визначені для аналізу**

Продукти вибуху ядерного боєприпасу є складною сумішшю радіоактивних ізотопів із широким енергетичним спектром бета-випромінювань. Склад продуктів вибуху непостійний у часі та залежить від виду вибуху. Крім того, радіоактивні речовини розподілені за масою проби нерівномірно, тому доставлені в лабораторію проби контролюються на радіоактивність, а потім із них готують радіоактивні препарати.

Контроль проводиться вимірювачами потужності доз ДП-5В або ИМД-1, а також можна використовувати радіометричну установку ИМД-12.

Перед початком контролю лаборант ретельно перемішує рідину, роздрібнює та перемішує сухі проби. Після цього проводить контроль проби на радіоактивну зараженість.

У попередньому обстеженні проб за допомогою радіометра ДП-5В проводяться наступні дії:

1. Прилад готується до роботи згідно з інструкцією з експлуатації.
2. Екран блока детектування виставляється в положення «Г» і блок підноситься до проби, яку досліджують на 1–1,5 см (ставиться на упор) і знімаються показання приладу.
3. Потім екран блока детектування ставиться в положення «Б» і підноситься блок детектування до обстежуваної проби на 1–1,5 см і знову знімаються показання приладів.

Збільшення показань приладу на одному і тому ж піддіпазоні під час іншого вимірювання свідчить про наявність бета-зараженості проби, про це оператор записує в картку даної проби.

### **Методи підготовки радіоактивних препаратів із радіоактивних проб**

Із доставлених у лабораторію проб готуються радіоактивні препарати, які необхідні для радіометричних вимірювань. У військовій радіометрії використовуються так звані товстошарові та тонкошарові препарати, залежно від товщини шару відібраного продукту, що наноситься на підкладку. Препарат вважається товстошаровим, якщо його товщина перевищує три шари половинного ослаблення. Товстошарові препарати мають товщину шару для дослідження на бета-зараженість від 7 до 10 мм, на альфа-зараженість – від 0,7 до 1 мм. Препарати готуються в спеціальних ванночках із алюмінію певних розмірів.

**Методом розтирання** (роздрібнювання) готуються препарати із проб сипких матеріалів і продуктів харчування: круп, цукру, солі, овочів, фуражу тощо у цьому разі проба засипається в ступку і за допомогою товкача ретельно роздрібнюється та перемішується. Такі матеріали, як капуста, зелень, сіно, трава роздрібнюються ножем або ножицями. Із приготовленої маси береться проба 0,5 г. Проба рівномірно й тонким шаром наноситься на поверхню ванночки для товстошарового препарату. До того ж заповнення ванночки проводиться в поліетиленовій мисці, а транспортування – у кюветі. Дно миски та кювети вистилаються фільтрованим папером.

**Методом зрізання** готуються проби із м'яса, сала, риби, хліба та інших твердих продуктів. Із проби вирізаються або висікаються два циліндричних препарати: один із поверхневого шару, другий – із внутрішнього об'єму проби (м'якушки хліба, тушки м'яса, риби). Поверхневі проби закладаються активним боком ззовні. Ванночки препаратів нумеруються, щоб виключити помилки у визначенні належності проби під час аналізу на всіх робочих місцях.

Препарати із заражених альфа-активними речовинами проб готуються **методом спалювання**. Це можливо зробити тільки в радіометричних лабораторіях (стаціонарних або пересувних), які мають необхідне обладнання (наприклад витяжні шафи).

Альфа-препарати готують із тих же матеріалів, що й бета-препарати, їх готують із усіх доставлених у лабораторію проб, але альфа-препарати тільки із 3–5 % проб. Цей відсоток збільшується, якщо проби доставлені безпосередньо з осередку ураження або з районів, які знаходяться поблизу місця ядерного вибуху. Тверді матеріали попередньо зважуються і спалюються в муфельних печах до одержання попелу сірого або білого кольору. Потім попіл зважується.

Рідкі проби спалюються в середовищі активного березового вугілля, змоченого етиловим спиртом. Проба 0,5 г вугілля кладеться в муфель, який підігрівається на електричній пічці. У спалену масу додається по 2 мл рідини для випарювання. Загальна кількість рідини не повинна перевищувати 10–20 мл. Після випарювання рідини вугілля роздрібнюється і із половини утвореної маси готується препарат. Альфа-препарати готуються в циліндричних ванночках діаметром 80 мм і висотою бортика 2,5 мм.

Методика аналізу під час використання товстошарових препаратів має певні переваги: висока чутливість; простота приготування препаратів (не треба важити продукти, які використовуються на приготування проби).

Недоліками товстошарових препаратів є те, що для їх приготування потрібно багато зараженого продукту, що підвищує гамма-фон у приміщенні лабораторії; необхідно ретельно перемішувати матеріали проби, щоб уникнути нерівномірного її нанесення в об'єм спеціальної ванночки.

### **Методи вимірювання радіоактивного зараження в радіометричній лабораторії**

Труднощі визначення зараженості обумовлені тим, що під час вимірювань доводиться мати справу з дуже складною сумішшю радіоактивних ізотопів, енергетичний спектр бета-випромінювання широкий, непостійний у часі й залежить від виду ядерних боєприпасів та ЯВ. У той же час методи повинні бути досить досконалими і точними. Вони повинні забезпечувати разом із якісними кількісними показниками вимірювання зараженості основних видів продовольства, води та фуражу радіоактивними продуктами будь-якого віку. Варто врахувати й ту обставину, що проби води, продовольства та фуражу різко відрізняються один від одного за своїм хімічним складом і фізичними властивостями. Для вимірювання активності проби розміщують у спеціальних

ванночках, що зроблені з тонкого алюмінію, у вигляді товстошарових і тонкошарових препаратів.

Поза залежністю від виду використовуваного препарату в основу вимірювання його активності а покладена пропорційна залежність між частотою проходження імпульсів напруги, що знімається з виходу детектора випромінювань, і активністю препарату. Вони пов'язані між собою співвідношенням:

$$N = \eta a \text{ 1/сек.} \quad (2.1)$$

де  $\eta$  – повна ефективність лічби, імп/розп.

Вираз для питомої активності препарату  $A$  має вигляд:

$$A = \frac{a}{G} = \frac{a}{S d} \text{ мкКі/г,} \quad (2.2)$$

де  $a$  – активність препарату, мкКі;

$G$  – маса препарату, м;

$S$  – площа препарату, см<sup>2</sup>;

$d$  – товщина препарату, г/см<sup>2</sup>.

Підставляючи значення  $a$  з формули (2.1) у цей вираз, одержуємо

$$A = \frac{N}{\eta S d} \text{ мкКі/г.} \quad (2.3)$$

З цього виразу видно, що для визначення питомої активності  $A$ , тобто радіоактивного зараження того чи іншого продукту харчування, крім розмірів препарату і швидкості лічби імпульсів, необхідно знати ефективність лічби.

Повна ефективність лічби  $\eta$  визначається як добуток поправкових множників:

- імовірність розпаду ізотопу (коефіцієнт  $r$ , що враховує співвідношення між кількістю бета-частинок і кількістю розпадів), який під час вимірювання питомої активності препаратів приймається таким, що дорівнює одиниці.

Пояснюється це тим, що основне розходження між кількістю бета-частинок і кількістю розпадів обумовлюється наявністю конверсійних електронів. Ці електрони, як правило, мають більш низьку енергію, ніж бета-частинки. Тому основним джерелом конверсійних електронів у товстошаровому препараті є його поверхневий шар. Відносний внесок конверсійних електронів, що вилітають з поверхневого шару препарату до загальної кількості бета- частинок дуже малий, що дозволяє знехтувати поправкою на схему розпаду;

- поправка на саморозсіювання (коефіцієнт  $k_{sr}$ , що враховує розсіювання власного випромінювання в товщині препарату). Ця поправка враховує кутовий розподіл бета-частинок, що вилітають із препарату, і залежить від товщини препарату й тілесного кута, у якому реєструються бета- частинки.

Таким чином,  $k_{sr}$  є функцією тілесного кута і в заданій геометрії вимірювань має визначене значення;

- поправка на самопоглинання (коефіцієнт  $k_{sp}$ , що враховує поглинання власного випромінювання в товщині препарату);

- поправка на поглинання (коефіцієнт  $k_p$ , що враховує поглинання випромінювань у вікні детектора та шарі повітря між препаратом і детектором);
- поправка на зворотнє розсіювання (коефіцієнт  $q$  відбиття випромінювання від підкладки, на якій розташований препарат). Під час вимірювання питомої активності товстошарових препаратів його приймають таким, що дорівнює одиниці, тому що розсіяне випромінювання, яке має нижчу енергію, ніж основне, майже цілком поглинається в товщині препарату;
- поправка на ефективність  $\varepsilon$  (відношення кількості частинок, що викликали імпульси, до загальної кількості частинок, що потрапили в детектор за одиницю часу). Практично дорівнює одиниці;
- поправка на тілесний кут (коефіцієнт  $\omega$ , що враховує частку випромінювань препарату, що впливають на детектор). Ця поправка визначає відношення кількості частинок, що потрапляють у робочий об'єм датчика, до їх загальної кількості, що випускаються препаратом у куті, що дорівнює  $4\pi$ .

Ця поправка залежить від форми й розмірів препарату та детектора, а також від відстані між ними.

За  $r = 1$ ,  $q = 1$  і  $\varepsilon = 1$  вираз для ефективності лічби набере вигляд:

$$\eta = \omega k_{\text{эф}} \frac{d_{\phi}}{d \ln \frac{N}{N_{\phi}}} \left\{ 2,3 \left[ \left( \frac{N}{N_{\phi}} \right)^{\frac{d_{\text{эф}}}{d_{\phi}}} - 0,565 \right] \right\}^{-1} \quad (2.4)$$

де  $d_{\phi}$  – товщина фільтра, г/см<sup>2</sup>;

$d_{\text{эф}}$  – ефективна товщина поглинача, г/см<sup>2</sup>;

$N$  і  $N_{\phi}$  – швидкості лічби від препаратів без фільтра і з фільтром.

Підставляючи значення  $\eta$  з цього виразу в (2.3) одержуємо вираз для питомої активності в наступному вигляді:

$$A = \frac{2,3N \left[ \left( \frac{N}{N_{\phi}} \right)^{\frac{d_{\text{эф}}}{d_{\phi}}} - 0,565 \right] \ln \frac{N}{N_{\phi}}}{S \omega k_{\text{эф}} d_{\phi}} \quad (2.5)$$

введемо позначення

$$k = \frac{2,3 \left[ \left( \frac{N}{N_{\phi}} \right)^{\frac{d_{\text{эф}}}{d_{\phi}}} - 0,565 \right] \ln \frac{N}{N_{\phi}}}{S \omega k_{\text{эф}} d_{\phi}} \quad (2.6)$$

і запишемо вираз (2.5) у вигляді  $A = k N$ .

Цей вираз свідчить про важливий висновок, який полягає в тому, що під час вимірювань радіоактивного зараження продовольства методом товстого

шару частота проходження імпульсів  $N$  пропорційна не активності препарату  $a$ , а безпосередньо його питомій активності  $A$ , що виключає необхідність зважування цього препарату.

В усіх наведених вище формулах під  $N$  і  $N_{\phi}$  варто розуміти швидкості лічби від препаратів без фільтра і з фільтром, тобто у вимірювані значення  $N_i$   $N_{\phi}$  повинні бути введені поправки на розрізнявальний час і фон.

Розрізнявальним часом,  $t_p$ , називається мінімальний інтервал часу між двома частинками, що потрапляють у детектор, за якого вони реєструються окремо.

Допустимо, що протягом 1 хв. детектором від досліджуваного препарату було зареєстровано  $N_{\text{вим}}$  імпульсів. Очевидно, за цей час детектор був нечутливим протягом часу, що дорівнює  $N_{\text{вим}} t_p$ . Відповідно час чутливості детектора був меншим за 1 хв і дорівнював  $1 - N_{\text{вим}} t_p$ . Отже, вираз для числа частинок  $N$ , що потрапили в лічильник за 1 хв., можна записати у вигляді:

$$N = \frac{N_{\text{вим}}}{1 - N_{\text{вим}} t_p} \quad (2.7)$$

Відповідно вираз для поправки на розрізнявальний час, буде мати вигляд:

$$p = \frac{N}{N_{\text{вим}}} = \frac{1}{1 - N_{\text{вим}} t_p} \quad (2.8)$$

Усі ці міркування слушні не тільки для детектора, але й для всього лічильного пристрою, який використовується для реєстрації імпульсів. Тому під розрізнявальним часом,  $t_p$  варто розуміти розрізнявальний час усієї лічильної установки.

Після введення поправки на розрізнявальний час, що, як правило, вводиться за швидкості лічби 12000 імп/хв і вищих, з отриманого значення швидкості лічби варто відняти швидкість лічби від  $N_{\text{фон}}$ , тобто швидкість лічби, вимірювану за відсутності досліджуваного препарату.

Наявність фону обумовлена космічними променями, радіоактивними забрудненнями. Якщо через  $N_{\text{вим}}$  позначити швидкість лічби (імп/хв) за наявності препарату невідомої активності  $a$ , а через  $N_{\text{фон}}$  – швидкість лічби фону, то питома активність  $A$  визначається з такого виразу:

$$N = N_{\text{вим}} p - N_{\text{фон}} \quad (2.9)$$

де  $p$  – розрізнявальний час детектора іонізуючих випромінювань або якого-небудь іншого блока лічильної установки.

Залежно від того, як визначаються всі ці коефіцієнти, розрізняють абсолютний і відносний методи вимірювання.

За абсолютного метода для заданих умов вимірювань усі поправкові коефіцієнти, що визначають ефективність лічби, розраховуються.

За відносного методу питома активність товстошарового препарату визначається шляхом порівняння швидкості лічби від нього  $N$  зі швидкістю лічби від зразкового товстошарового препарату  $N_{\text{обр}}$  із відомою питомою активністю  $A_{\text{обр}}$ .



$$A_{np} = \frac{N}{N_{обр}} A_{обр} \quad (2.10)$$

Під час відносних вимірювань зникають ті систематичні похибки, величина яких пропорційна значенню тих або інших поправок.

Похибка вимірювань істотно зменшиться тільки тоді, коли умови вимірювань будуть практично однаковими, тобто відношення поправок буде близькою до одиниці. Отже, відносні вимірювання доцільно проводити за якомога більш схожих умов.

Таким чином, відносні вимірювання мають сенс за наявності зразкових препаратів із енергетичними характеристиками бета-випромінювання практично такими ж, як і у вимірюваного препарату. Ці характеристики мають залишатися однаковими протягом усіх вимірювань.

Зразковий препарат для відносних вимірювань активності продуктів ЯВ наперед підбирати не можна.

Пояснюється це тим, що під час вимірювання активності продуктів різного віку та від різних видів вибуху їхні енергетичні характеристики бета-випромінювання будуть різними. До того ж перед вимірюваннями неможливо знати ці характеристики. Зразковий препарат може бути виготовлений тільки з продуктів ЯВ, активність яких вимірюється в даний момент. Такі препарати доцільно готувати з проб продовольства, води, фуражу, заражених продуктами ЯВ.

Якщо відомо, що продовольство, вода, фураж або всі разом зазнали зараження радіоактивними продуктами того самого ЯВ, то з однієї проби готується товстошаровий зразковий препарат і його активність вимірюється абсолютним методом. З інших проб готуються також товстошарові препарати, активність яких вимірюється відносним методом за співвідношенням (2.10).

Відносні вимірювання в розглянутому випадку дозволяють підвищити продуктивність радіометричної лабораторії, тому що для визначення активності досліджуваних препаратів після вимірювання зразкового потрібно усього по одному вимірюванню швидкості лічби. Визначення активності товстошарового препарату абсолютним методом передбачає для кожного препарату додаткове вимірювання швидкості лічби з фільтром  $N_{\phi}$ .

Таким чином, під час відносних вимірювань немає потреби в проведенні найбільш тривалого вимірювання швидкості лічби від препарату з фільтром, тому що  $N_{\phi} < N$ .

Товстошаровий препарат, заражений радіоактивними продуктами ЯВ, має інтенсивне гамма-випромінювання, тому необхідно визначати фон лічильника, викликаний цими гамма-квантами.

Для наближеного визначення гамма-фона варто відсікти бета-випромінювання препарату за допомогою поглинача (фільтра) та вимірювати швидкість лічби  $N_{фон+\gamma}$ , обумовлену зовнішнім фоном і гамма-випромінюванням препарату (рис. 2.35).

Товщина поглинача (фільтра) вибирається більшою від максимального пробігу бета- випромінювання. Для продуктів ЯВ ця товщина приблизно дорівнює 0,8–1,3 г/см<sup>3</sup>.

Оскільки в радіометричній лабораторії передбачається велика кількість вимірювань препаратів із малою питомою активністю, то варто враховувати, що зовнішній фон впливає на тривалість та якість цих вимірювань.

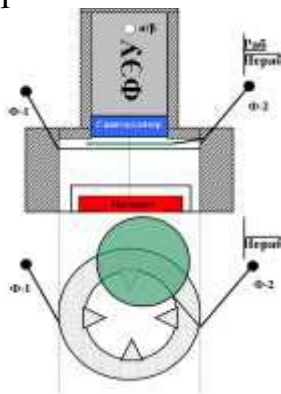


Рис. 2.35. Конструкція свинцевого будиночка

Зменшити цей вплив можна помістивши детектори ІВ у свинцевий захист (рис. 2.35). До того ж навряд чи варто прагнути робити свинцеві будиночки, що дозволяють робити вимірювання за потужностей доз зовнішнього гамма-випромінювання, яке дорівнює десятком та навіть одному Р/год.

Це, по-перше, це призведе до надзвичайно великої ваги захисту, і, по-друге, такі рівні радіації небезпечні для особового складу лабораторії. З погляду безпеки особового складу доцільно забезпечити вимірювання зараженості за потужності дози на місцевості не вищої за 30–50 мР/год.

Розрахунки показують, що в цьому разі можливі вимірювання питомої активності більшої за 10<sup>3</sup> розп/хв·г, якщо свинцевий будиночок ослабляє гамма-випромінювання з енергією 0,5–0,6 МеВ у 100 разів.

Вага будиночка в цьому разі не буде перевищувати 60 кг. У тих випадках, коли рівні радіації на місцевості більші від зазначених величин, необхідно вимірювання питомої активності робити в захисних приміщеннях (бліндажах, землянках).

### **Глава 2.3. Вимір альфа та бета- активності препаратів та розрахунок забрудненості проб та гамма-спектрометричний метод визначення віку продуктів ядерного вибуху**

#### **Вимірювання питомої альфа-активності препаратів**

Вимірювання питомої альфа-активності проб проводиться ручкою ФІЛЬТР-1 встановленою в положення РОБОЧЕЕ.

1. Установити перемикач на блоці детектування ИМД-12-5 в положення «а».

2. Заміряти фон за методикою: «Вимірювання питомої бета-активності препаратів». Величину  $N_{\text{фон}}$  записати в робочий зошит. Вимірювання фона необхідно проводити кожні 2 години.

3. Далі, установити альфа-препарат і визначити швидкість лічення імпульсів від препарату  $N_{пр}$  за методикою, описаною: «Вимірювання питомої бета-активності препаратів».

4. Встановити ручку ФИЛЬТР-2 в положення РАБОЧЕЕ, при цьому згасне світлодіод «имп/с» і засвітиться світлодіод «Ки/кг».

5. Натиснути кнопку НАЧ. ИЗМ., і через встановлений час на табло пульта з'являться показання. Помножити одержані показання на 10-5. Одержану величину питомої альфа-активності в Ки/кг записати в робочий зошит.

### **Вимірювання питомої бета-активності препаратів**

У першу чергу вимірюється фон ( $N_{фон}$ ). Для цього встановимо перемикач на блоці детектування ИМД-12-5 в положення « $\beta$ ». Далі вимірювання проводити в такому порядку:

1. На блоці детектування ИМД-12-5 перемикач роду робіт встановити в положення « $\beta$ ».

2. На блоці детектування ИМД-12-5 ручки ФИЛЬТР-1 та ФИЛЬТР-2 встановити в робоче положення.

3. Відкрити дверця блока детектування, висунути підставку для ванночки і поставити ванночку в заглиблення касети, засунути касету із ванночкою і закрити дверці.

4. Встановити ручку ФИЛЬТР-2 в положення НЕРАБОЧЕЕ, на табло пульта спалахне світлодіод «1с» та «имп/с».

5. Кнопкою ВРЕМЯ ИЗМ. встановити час вимірювання 100 с.

6. Заміряти фон, для чого натиснути кнопку НАЧ. ИЗМ., при цьому спалахне світлодіод «СЧЕТ», і через 100 с зняти показання з табло. Час лічення визначається автоматично, світлове табло світиться 4 с. Для повторного виведання показань необхідно натиснути кнопку ИНД.

7. Одержану величину  $N_{ф}$  в імп/с записати в робочий зошит. Вимірювання  $N_{ф}$  проводити кожні 2 години.

8. Знову встановити ручку ФИЛЬТР-2 в положення РАБОЧЕЕ, відкрити дверці блока детектування, висунути касету і вийняти чисту ванночку.

9. На звільнене місце в касеті помістити ванночку з препаратом, засунути касету і закрити дверці.

10. Встановити ручку ФИЛЬТР-2 в положення НЕРАБОЧЕ, ручку ФИЛЬТР-1 – в РАБОЧЕ положення. За допомогою кнопки ВРЕМЯ ИЗМ. встановити час вимірювання 1 с.

11. Натиснути кнопку НАЧ. ИЗМ., при цьому спалахне світлодіод «СЧЕТ». Через 1 с світлодіод згасне, а на цифровому табло пульта з'являться показання числа зареєстрованих імпульсів, на основі яких має бути збільшено час вимірювання. Новий час вимірювання вибирається із табл. 2.1. або табл. 2.2. з урахуванням фону. Потім повторити вимірювання.

12. Після вимірювання ручку ФИЛЬТР-1 встановити в положення НЕРАБОЧЕЕ, а ручку ФИЛЬТР-2 – в положення РАБОЧЕЕ, при цьому спалахне світлодіод «Ки/кг», і загасне світлодіод «имп/с».

13. Натиснути кнопку НАЧ. ИЗМ. при цьому загориться світлодіод «СЧЕТ». Після закінчення вимірювання сигнал СЧЕТ згасне, і на цифровому табло з'являться результати вимірювання. Одержані показання множаться на 10-6. Одержану величину питомої бета-активності в Кі/кг записати в робочий зошит.

**Таблиця 2.1**

Тривалість вимірювання (с) швидкості лічби імпульсів від препарату ( $N_{пр}$ ) залежно від швидкості лічби фону ( $N_{сп}$ ) за  $\delta = \pm 5 \%$ .

$\Phi$ , імп/сек	Препарат, імп/сек			
	Менша ніж 100	100–1000	1000–10000	Більша ніж 10000
Менша ніж 2,5	100	10	1	1
2,6–7	1000	10	1	1
7–20	–	10	1	1
20–70	–	100	1	1
70–90	–	1000	1	1
90–240	–	–	1	1
240–730	–	–	10	1
730–910	–	–	100	1
910–970	–	–	1000	1
970–7300	–	–	–	1
7300–9100	–	–	–	10

**Таблиця 2.2**

Тривалість вимірювання (с) швидкості лічби імпульсів від препарату ( $N_{пр}$ ) залежно від швидкості лічби фону ( $N_{сп}$ ) при  $\delta = \pm 10 \%$

$\Phi$ , імп/сек	Препарат, імп/сек			
	менша ніж 100	100–1000	1000–10000	Більша ніж 10000
1	2	3	4	5
Менша ніж 0,1	10	1	1	1
0,1–0,5	100	10	1	1
0,5–6,0	1000	10	1	1
6,0–8,5	–	10	1	1
8,5–60	–	100	1	1
60–85	–	1000	1	1
85–95	–	–	1	1
95–580	–	–	1	1
580–860	–	–	10	1
860–960	–	–	100	1
960–985	–	–	1000	1
985–8600	–	–	–	1
8600–9560	–	–	–	1

14. Відкрити дверцята блока детектування, висунути касету і вийняти ванночку із пробєю.

**Приклади:**

1. Перед вимірюванням визначили фон  $N_{фон}=3.5$  імп/с. Швидкість лічення імпульсів від препарату, заміряна згідно з п.11 за 1 с – 100 імп/с. Величина 100 менше 1000. Для  $\delta = \pm 5 \%$ , згідно з табл. 2.1. за таких величин  $N_{пр}$  та  $N_{фон}$  необхідно встановити час вимірювання 10 с.

2.  $N_{\text{фон}} = 25,2$  імп/с, а  $N_{\text{пр}} = 100$  імп/с, під час вимірювання згідно з п. 11 за 1 с. Згідно з табл. 2.2. при такому співвідношенні  $N_{\text{пр}}$  та  $N_{\text{фон}}$  необхідно встановити час вимірювання 100 с.

3.  $N_{\text{фон}} = 612$  імп/с, а  $N_{\text{пр}} = 1000$  імп/с, під час вимірювання згідно з п. 11 за 1 с. Згідно з табл. 2.3. за такого співвідношення  $N_{\text{пр}}$  та  $N_{\text{фон}}$  необхідно встановити час вимірювання 1000 с.

**Таблиця 2.3**

Коефіцієнт ослаблення бета-випромінювання

Вік ПЯВ (доба)	2	3	6	8	10	13,3	18,5	26,5	29,5	45	60
$K_{\text{осл}}$	10	11	27	20,8	21,4	15	13,3	12,5	11,1	10	6,4

**Примітка:** З таблиці 2.3 видно, що коефіцієнт  $K_{\text{осл}}$  досягає найбільшого значення на шосту добу. Значенню  $K_{\text{осл}}$  відповідають два значення віку радіоактивних продуктів вибуху. Зазначена неоднозначність визначення віку може бути усунута повторним вимірюванням коефіцієнта  $K_{\text{осл}}$  через деякий проміжок часу.

Збільшення  $K_{\text{осл}}$  під час повторного вимірювання свідчить про те, що вік радіоактивних продуктів вибуху менше шести діб, а зменшення  $K_{\text{осл}}$  – що вимірюваний вік більше шести діб.

### Гамма-спектрометричний метод визначення віку

**Спектром** називається розподіл якої-небудь характеристики поля іонізуючих випромінювань за параметром, що характеризує це поле. Часто таким параметром є енергія. Знайдений енергетичний спектр гамма-випромінювання дозволяє, наприклад, визначати склад продуктів розподілу, а також проводити контроль внутрішнього опромінення особового складу.

В основу гамма-спектрометричного методу визначення віку продуктів ядерного вибуху в умовах радіометричної лабораторії покладена закономірність зміни в часі співвідношення між щільністю потоку гамма-квантів різних енергій у вимірюваній суміші радіоактивних ізотопів.

На основі даних ізотопного складу й активності, здійснюються розрахунки лінійних спектрів гамма-випромінювань суміші продуктів поділу різного віку. Розрахункові спектри продуктів поділу, що є основним компонентом суміші радіоактивних ізотопів ядерного вибуху, наведені на (рис. 2.35, 2.36, 2.37).

Вони побудовані в двох діапазонах енергій від 0 до 400 кеВ і від 400 кеВ до 2000 кеВ. У цих діапазонах спектри уламків радіоактивних продуктів зручно досліджувати експериментально.

На рис. 2.35, 2.36, 2.37 видно, що співвідношення між щільністю потоку гамма-квантів з енергіями до 400 кеВ, 450–550 кеВ, 650–800 кеВ 1590 кеВ відбуваються значні зміни в часі. На цих же рисунках зображено, які ізотопи впливають на зміну цього співвідношення.



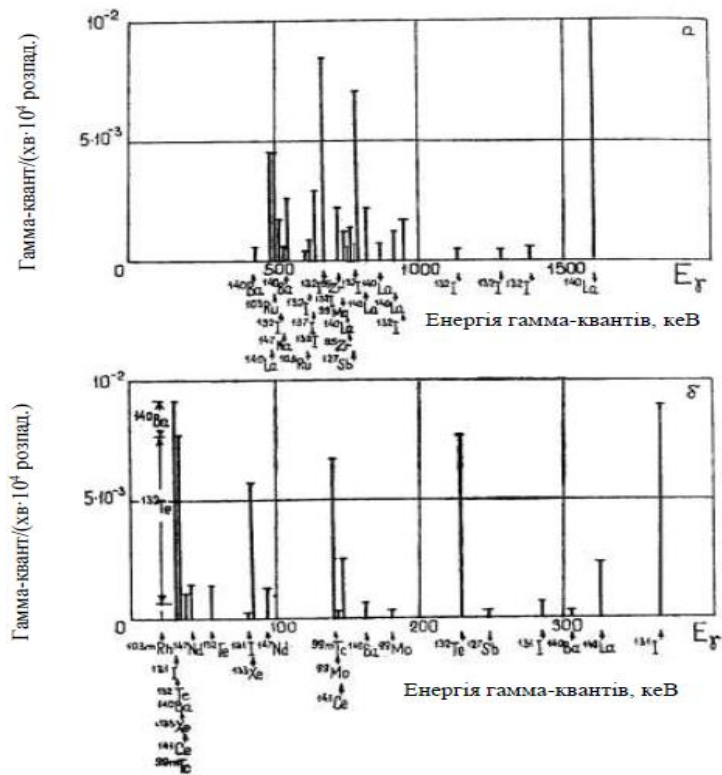


Рис. 2.36. Лінійчастий спектр гамма-випромінювання продуктів розпаду віком 10 діб у діапазоні енергій 400–2000 кеВ (а) і 0–400 кеВ (б)

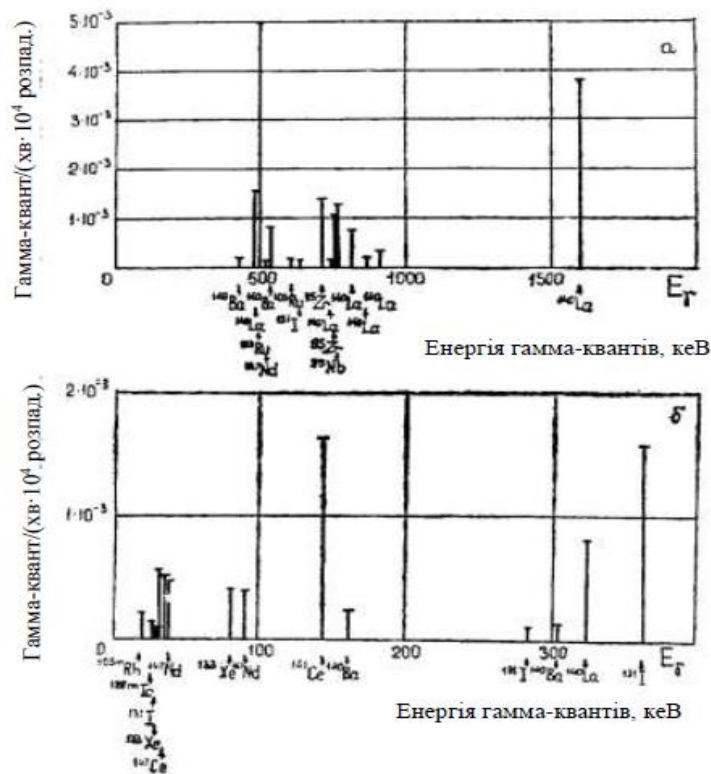


Рис. 2.37. Лінійчастий спектр гамма-випромінювання продуктів розпаду віком 10 діб у діапазоні енергій 400–2000 кеВ (а) і 0–400 кеВ (б)

У спектрах продуктів термоядерних вибухів з'являються гамма-кванти ізотопів, що утворюються в результаті впливу на речовину заряду нейтронів вибуху і на його конструктивні елементи. Це уран-237, нептуній-239, кобальт-60, вольфрам-187 та ін., про вміст яких у суміші радіоактивних ізотопів більш докладно написано в першій частині підручника.

Оцінка віку продуктів вибуху може розраховуватися за співвідношенням між швидкостями лічби на фотоплівках у спектрі гамма-випромінювання, отриманому на гамма-спектрометрі. Цей спектр відразу дає відповідь як про ізотопний склад основних гамма-випромінювачів та їх відносний внесок, так і про сумарний склад гамма-активності досліджуваної проби.

На рис. 2.37. зображений гамма-спектр продуктів ЯВ у двох енергетичних діапазонах.

Під час оцінювання віку продуктів ЯВ шляхом порівняння теоретично розрахункових лінійчастих спектрів зі спектрограмами, отриманими експериментально, необхідно враховувати ряд обставин.

По-перше, використання розрахованих спектрів можливе лише під час розгляду продуктів одиночного вибуху або серії вибухів, тривалість якого мала в порівнянні з віком продуктів.

По-друге, експериментальні спектри відрізняються від теоретичних того ж віку функціонуванням, тобто відсутністю за різних причин ряду ізотопів в уламках продуктів і внеском ізотопів наведеної активності.

## **Глава 2.4 Градування дозиметричної апаратури та особливості її зберігання**

Вимірювальні можливості ДА визначаються не тільки діапазоном вимірювання, але й точністю останніх. Результати вимірювань можливо використовувати лише тоді, коли поряд із числом, яке характеризує величину, що підлягає вимірюванню, відома й похибка вимірювання. Невід'ємним елементом системи заходів із підтримання справного стану ДА є перевірка та відновлення градування.

Градуванням ДА називається приведення показань приладів у відповідність з дійсним, точним значенням вимірювальної величини.

Здійснюється це у зв'язку з тим, що точність показань ДА, яка знаходиться в експлуатації або зберігається на складах, із часом зменшується.

Це пояснюється зміною величин опору резисторів, характеристик напівпровідникових елементів, забрудненням ізоляторів, тобто погіршенням параметрів і номінальних величин деяких деталей у зв'язку з тривалою експлуатацією в умовах впливу різних кліматичних факторів. Крім того, зниження точності вимірювання може спостерігатися після ремонту ДА, частково після зміни ГЛ, електронних компонентів та інших елементів схем.

Погіршення точності вимірювань також є наслідком недотримання правил утримання, зберігання та експлуатації приладів.



Якщо похибка перевищує встановлені межі, градування відновлюється за допомогою спеціальних регулювань «Чутливість», які передбачені конструкцією даного приладу.

Розрізняють перевірку градування та відновлення градування ДА. Перевірка градування приладів здійснюється під час періодичного технічного обслуговування, як правило, 1 раз на 2 роки (табл. 2.7).

Відновлення градування – заключна операція середнього та капітального ремонту.

Перевіркою та відновленням градування ДА займаються стаціонарні та рухомі майстерні на гамма-установках, які мають свідоцтво про обов'язкову перевірку. Свідоцтво видається на атестовану гамма-установку; до неї додаються градувальні таблиці (табл. 2.4), за допомогою яких визначаються відстані від джерела до центра детектора БД приладу, які відповідають визначеним (контрольним) потужностям дози.

Методика перевірки градування ДА цілком склалася. Вона здійснюється в полі точкового джерела у двох-трьох точках шкали на кожному піддіапазоні вимірювань. Прилад регулюється так, щоб різниця між дійсним значенням вимірювальної величини та показаннями не перевершувала допустимого значення.

У кращому разі прилад показує точне значення, яке відповідає дійсному значенню вимірюваної величини. Але й під час виконання цієї умови в показання приладу привнесена похибка. Джерелом її є неточність визначення характеристик поля ІВ. Основною характеристикою поля є потужність дози, яку можливо визначити двома методами: розрахунками за відомою активністю зразкового джерела або вимірюванням зразковим приладом.

#### **Таблиця 2.4**

Градувальна таблиця  
(Додаток до свідоцтва № \_\_\_\_ )

Роки	Місяць	Рівні потужності дози в опорних і контрольних точках																					
		Р/год										мР/год											
		20	10	3.5	3	2	1.5	1	0.75	0.5	0.35	0.3	0.1	30	20	10	5	4	3.5	2	0.3	0.25	0.1
20__ р.	Січень – березень	Відстань від центра ДДВ до центра детектора в сантиметрах																					
	Квітень – червень																						
	Липень – вересень																						
	Жовтень – грудень																						
Джерело ІВ: Cs-137		$A = 400$ мКі										$A = 10$ мКі					$A = 0,1$ мКі						

Розрахунки потужностей доз за активністю зразкового джерела застосовуються для стаціонарних умов градування. Розрахункам значно заважає та обставина, що на характеристики поля випромінювання впливають розсіяне та відбите випромінювання, яке створюється стінами градувального приміщення та обладнанням. Використання коліматорів, які обмежують пучок ІВ, саме по собі вносить невизначеність у характеристики поля. Тому потужність дози в точках градування надійніше визначати зразковим приладом. Величина похибки градування ДА звичайно становить 10–30 %.

Перевірка градування ДА здійснюється у двох точках кожного піддіапазону. Такі точки встановлюються двох типів: опорні та контрольні (Р/год або мР/год). Опорні точки шкали відповідають звичайно 70–80 % від верхньої межі піддіапазону приладу що перевіряється, у цих точках у разі потреби регулюються показання приладу. Регуляторами відновлення градування приладу в опорних точках служать звичайно змінні резистори – шунти до реєстратора (мікроамперметра), їх називають регуляторами чутливості.

Контрольні точки шкали відповідають приблизно 25–40 % від верхньої межі піддіапазону приладу, що перевіряється, у цих точках перевіряється похибка показань приладу без використання органів регулювання. Після встановлення необхідних показань положення регуляторів фіксується затяжною гайкою або зафарбовується.

Джерело гамма-випромінювання має вибиратися з такими характеристиками, щоб, по-перше, воно забезпечувало створення поля з

потужністю доз, які необхідні для перевірки всіх типів ДА на всіх піддіапазонах, та, по-друге, щоб енергія фотонів його випромінювання була близькою до середньої енергії фотонів, які випромінюються продуктами ЯВ (продуктами під час аварії на РНО).

Діапазон потужностей доз, які вимірюються сучасними військовими дозиметричними приладами, знаходиться в межах від 0,01 мР/год до 999 Р/год. Враховуючи, що повірка приладів здійснюється не за крайніми точками, а за точками, які знаходяться в середній частині діапазону (шкали), діапазон необхідних потужностей доз може бути звужений до 0,25 мР/год знизу та до 500 Р/год згори.

Найбільш придатним ізотопом для джерел випромінювання, які використовуються у військових градувальних установках, є цезій-137. Він має енергію фотонів випромінювання (0,661 МеВ) достатньо близьку до середньої енергії фотонів випромінювання продуктів ЯВ та великий період піврозпаду (26,6 років).

Джерело ІВ, яке раніше використовувалось, ізоотоп кобальт-60 має перевагу перед ізоотопом цезій-137 тільки за вартістю, поступаючись йому у всьому іншому (середня енергія фотонів випромінювання ізоотопу кобальт-60 – 1,25 МеВ, а період піврозпаду – 5,3 роки, що потребує більш потужного захисту та більш часті заміни джерела). Активність джерела вибирається, виходячи з потреби отримання поля випромінювання з потужністю дози, яка відповідає верхній межі діапазону (300 Р/год) на відстані приблизно 25 см від джерела. Враховуючи, що гамма-стала потужності дози цезію-137  $\Gamma = 3,1 \text{ Р}\cdot\text{см}^2/\text{год}\cdot\text{мКі}$ , можливо оцінити необхідну активність джерела за виразом:

$$A = \frac{X R^2}{\Gamma} = \frac{300 \cdot 625}{3,1} \approx 6,10^4 \text{ мКі} = 60 \text{ Кі}$$

Відстань розраховують орієнтовно, виходячи з дійсної активності джерела, за формулою:

$$R = \sqrt{\frac{iA 100}{X}}$$

де  $R$  – відстань від джерела до заданої точки, см;

$i$  – іонізаційна гамма-стала 8,4;

$A$  – дійсна активність випромінювача, г·екв радію;

$X$  – потужність дози, Р/год.

Вірна активність  $A$  джерела визначається за виразом:

$$A = A_0 K,$$

де  $A_0$  – початкова активність джерела (указана в паспорті на дане джерело), г·екв радію;

$K$  – поправковий коефіцієнт (див. табл. 2.5), який залежить від часу, що пройшов із дня вимірювання  $A_0$ . Дата виміру початкової активності  $A_0$  також указана в паспорті на ДІВ.

## Таблиця 2.5

Поправковий коефіцієнт  $K$  для визначення дійсної активності джерела з цезієм-137 (Cs-137 з періодом піврозпаду 26,6 років)

Кількість років	Поправковий коефіцієнт K	Кількість років	Поправковий коефіцієнт K	Кількість років	Поправковий коефіцієнт K
1	2	3	4	5	6
1,0	0,974	10,0	0,769	19,0	0,609
1,5	0,960	10,5	0,760	19,5	0,599
2,0	0,950	11,0	0,748	20,0	0,592
2,5	0,937	11,5	0,740	20,5	0,584
3,0	0,925	12,0	0,730	21,0	0,577
3,5	0,913	12,5	0,721	21,5	0,569
4,0	0,898	13,0	0,710	22,0	0,560
4,5	0,886	13,5	0,702	22,5	0,555
5,0	0,873	14,0	0,693	23,0	0,546
5,5	0,863	14,5	0,684	23,5	0,540
6,0	0,852	15,0	0,678	24,0	0,534
6,5	0,844	15,5	0,666	24,5	0,526
7,0	0,832	16,0	0,658	25,0	0,519
7,5	0,822	16,5	0,649	25,5	0,513
8,0	0,815	17,0	0,640	26,0	0,506
8,5	0,803	17,5	0,632	26,5	0,500
9,0	0,789	18,0	0,624		
9,5	0,781	18,5	0,615		

Для визначення відстані від радіоактивного джерела до точки із заданною потужністю дози,  $X$  Р/год можна користуватись спрощеною формулою:

$$R = \frac{c}{\sqrt{X \cdot K}}$$

де  $c = \sqrt{iA}$  визначається за допомогою графіка за знайденою дійсною активністю  $A$  джерела,  $\sqrt{X \cdot K}$  можна визначити за табл. 2.6.

**Приклад.** У паспорті вказано, що цезієве джерело Cs-137 має початкову активність  $A_0 = 2,4$  г екв радію, виміряну 20.01.2009 р. Потрібно визначити дійсну активність джерела на 20.07.2011 р. З моменту вимірювання активності пройшло 2,5 роки. За табл. 4.9 знаходимо, що для 2,5 років  $K=0,937$ .

Таким чином, дійсна активність джерела буде  $A = A_0 K = 2,4 \cdot 0,937 = 2,25$  г екв радію.

Таким чином, методика перевірки та відновлення градуювання ДА полягає в наступному:

1. За градуювальною таблицею для даного строку градуювання і обраної потужності дози  $X$  визначають відстань  $R$  від гамма-джерела до детектора приладу.

2. Установивши детектор БД приладу на визначеній відстані  $R$ , здійснюють вимірювання і  $X$  та порівнюють це значення з величиною  $X$  (опорної або контрольної точки) із градуювальної таблиці.

3. Визначення похибок. Вид похибки, яка визначається під час перевірки градуювання, залежить від конструктивних особливостей приладу. Розрізняють абсолютну похибку

$$\Delta_a = |X - X_i| / \text{Р/год}$$

де  $X$  – потужність дози в контрольній або опорній точках, за якими здійснювалось визначення відстані  $R$ ; і  $X_i$  – вимірювана приладом потужність

дози під час встановлення його на відстань R (см) від джерела.

**Таблиця 2.6**

Корені квадратні для визначення значення  $\sqrt{X\text{к}}$  залежно від  $X\text{к}$

$X\text{к}$	$\sqrt{X\text{к}}$	$X\text{к}$	$\sqrt{X\text{к}}$
0,10	0,316	1,4	1,18
0,15	0,338	1,5	1,22
0,30	0,548	3,0	1,73
0,35	0,592	3,5	1,87
0,50	0,708	5,0	2,24
0,75	0,867	10,0	3,16
1,00	1,000	15,0	3,87
		20,0	4,48
		25,0	5,00
		30,0	5,48

**Відносна похибка** – це відношення абсолютної похибки до вимірюваної величини (у відсотках):

$$\Delta_o = \frac{\Delta_a}{X\text{к}} 100$$

**Зведена похибка** – це відношення абсолютної похибки до повного значення шкали піддіапазону приладу, що перевіряється  $\max X$  (у відсотках):

$$\Delta_n = \frac{\Delta_a}{X\text{к}_{\max}} 100$$

**Приклад.** Дозиметричний прилад градується на піддіапазоні 2 Р/год в опорній точці  $X=1,5$  Р/год. Під час градуювання прилад показує 1,4 Р/год.

**Розв’язання:**

Абсолютна похибка:  $\Delta_a = 1,5 - 1,4 = 0,1$  Р/год.

Відносна похибка:  $\Delta_o = 0,1/1,5 \cdot 100 = 6,7$  %.

Зведена похибка:  $\Delta_n = 0,1/2 \cdot 100 = 5$  %. Максимально допустима зведена похибка вимірювання приладу:  $\Delta_n = \pm 10$  %.

Отже, похибка, приладу який контролюється, не перевищує встановлених норм із технічних умов.

4. Якщо в окремих точках, в яких перевіряється прилад, похибка перевищує допустиму, то проводять відновлення градуювання.

Для цього прилад встановлюється на відстань R, яка відповідає опорній точці і X та коригувальними регулюваннями даного піддіапазону покази приладу приводяться у відповідність з потужністю дози X (тобто і  $X = X$ ); потім, не змінюючи положення регулятора, перевіряють показання приладу в контрольній точці. Ці покази не мають виходити за межі допустимої похибки, вказаної в ТУ № 3927 для кожного приладу.

**Таблиця 2.7**

Терміни проведення градуювання приладів радіаційної розвідки та контролю

Найменування приладів	Терміни градування приладів, що знаходяться в експлуатації та на зберіганні		
	під час використання (короткочасного зберігання)	під час використання в умовах впливу іонізуючих випромінювань	під час тривалого зберігання
ДП-64	1 раз на 2 роки	1 раз на рік	1 раз на 5 років
ДП-5В	1 раз на 2 роки	1 раз на рік	1 раз на 5 років
ПРХР	1 раз на 2 роки	1 раз на рік	1 раз на 5 років
ИМД-1	1 раз на 2 роки	1 раз на рік	1 раз на 3 роки
ИМД-12	1 раз на 2 роки	1 раз на рік	1 раз на 3 роки
ИМД-21	1 раз на 2 роки	1 раз на рік	1 раз на 3 роки
ИД-1	1 раз на рік	1 раз на 6 міс.	1 раз на 5 років
ИД-0,2 (ДК-0,2)	1 раз на рік	1 раз на 6 міс.	1 раз на 5 років
ИУ (ГО-32-1)	1 раз на 3 роки	1 раз на 3 роки	1 раз на 5 років

### Примітка:

1. Зазначені прилади, крім того, підлягають градуванню під час кожного середнього та капітального ремонту.
2. Градування приладів здійснюється на штатних засобах градування за тими потужностями експозиційних доз, що ними забезпечуються.

## РОЗДІЛ 3. ЕКСПЛУАТАЦІЯ ДЖЕРЕЛ ІОНІЗУЮЧИХ ВИПРОМІНЮВАННЯ

### Глава 3.1. Особливості зберігання дазиметричної апаратури

До дозиметричного майна належать прилади, джерела їх живлення, ДІВ для градування та перевірки працездатності приладів, гамма-установки для градування приладів і ремонтні комплекти. Це майно може зберігатися на центральних складах і базах, складах частин і в підрозділах.

На короткочасне зберігання ставляться прилади, експлуатація яких планується в найближчі 3 місяці. На довготривале зберігання ставляться прилади, експлуатація яких не планується в найближчі 12 місяців. Зберіганню підлягають тільки технічно справні та повністю укомплектовані прилади.

На складах ВДА зберігається в опалюваних сховищах у заводській упаковці в штабелях. На складах з'єднань і частин допускається, крім того, зберігати прилади в укладальних ящиках на стелажах.

За відсутності опалюваних сховищ допускається тимчасове (до одного року) зберігання ВДА в неопалюваних сховищах, але в цьому разі прилади обов'язково мають бути законсервовані методом «чохол». Найбільш сприятливі умови для зберігання ВДА: температура  $+20 \pm 10$  °С і відносна вологість

повітря 45–70 %; різкі коливання температури протягом доби недопустимі. У сховищах мають бути термометр і психрометр. Особи, які відповідають за зберігання ВДА, двічі на день повинні вимірювати температуру та вологість і результати вимірювань заносити в графіки. Забороняється зберігати прилади разом із агресивними хімічними речовинами, а також ставити укладальні ящики один на інший або на підлогу.

На центральних складах прилади старих зразків утримуються без контрольних препаратів. Вилучені з комплекту контрольні гамма-препарати розміщуються окремо в спеціальних сховищах в опечатаних свинцевих контейнерах. Під час зберігання великої кількості приладів із контрольними бета-препаратами рівень потужності дози в сховищах на висоті 1 м від підлоги не має перевищувати 5 мР/год. Вимірювачі дози типу ИД-1 зберігаються в зарядженому стані відповідно до вимог експлуатаційної документації.

У військових частинах ВДА поділяється на три групи:

- довготривалого зберігання;
- поточного забезпечення;
- навчальні.

Прилади довготривалого зберігання утримуються на складі частини та враховуються окремо від приладів поточного забезпечення. Прилади поточного забезпечення видаються зі складу частини до підрозділів за розпорядженням командира частини. Навчальні прилади, а також макети та стенди, які використовуються в класах (лабораторіях) як посібники, закріплюються за відповідними особами цього приміщення.

У підрозділах прилади зберігаються в шафах, які замикаються. Шафи обладнуються полицями та розділяються на вертикальні відсіки. Нижня полиця має бути на висоті не меншій за 0,2 м від підлоги.

У польових умовах прилади мають зберігатися в укладальних ящиках у сховищах розміром приблизно 3×6 м, які обладнуються полицями (або в окопах глибиною не меншою ніж 1,5 м, де прилади встановлюються на дерев'яні настили або підкладки). Ставити укладальні ящики або прилади на землю – забороняється.

Бортові засоби радіаційної розвідки взимку під час перерв в експлуатації машин більших за один місяць знімаються та після консервації розміщуються в обладнаних опалюваних сховищах. Під час бойової обстановки для пересувних ремонтних хімічних майстерень (ПРХМ) обладнується укриття котлованного типу.

Елементи та батареї до приладів зберігаються в сухих прохолодних приміщеннях за відносної вологості не більшої за 70 % та температури не нижчої від –10 та не більшої від +25 °С. Якщо прилади зберігаються більше ніж 10 діб, джерела живлення вимикаються та вилучаються з них. У деяких випадках за рішенням командира частини джерела живлення можуть не вимикатися, їх придатність перевіряється один раз на тиждень. На складах елементи враховуються за строком виготовлення та зберігаються окремо за типами: холодостійкі, нехолодостійкі, універсальні. Елементи та батареї зберігаються у вертикальному положенні як в упакувальних ящиках, так і поза

ними.

### Технічне обслуговування ДА

Дозиметричні прилади, які знаходяться на оснащенні підрозділів та частин ДСНС України, мають бути постійно готові до використання.

Прилади, які знаходяться в експлуатації, закріплюються за окремими військовослужбовцями, які повинні добре знати принцип дії приладів, будову, правила використання та зберігання.

Прилади, які надходять до підрозділу, приймає комісія, призначена командиром частини. Комісія перевіряє кількість, комплектність, стан приладів і потім передає їх на склад частини. У технічному формулярі приладу в розділі «Для службових відміток» робиться запис: «Прилад надійшов до підрозділу «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Запис підтверджується підписом начальника служби РХБ захисту та екологічної безпеки або осіб, які відповідають у частині за експлуатацію та збереження озброєння та майна. Зі складу частини прилади отримують старшини підрозділів. Під час отримання приладів зі складу перевіряється їх комплектність і працездатність. Про закріплення приладу за військовослужбовцями старшина підрозділу робить запис у технічному формулярі в розділі «Для службових відміток»: «Відповідальний за експлуатацію та утримання приладу (звання, прізвище)». Навчальні прилади закріплюються поряд із приладами поточного забезпечення. *На обкладинці технічного формуляра навчального приладу робиться відмітка «Навчальний», а укладальний ящик (футляр, сумка) маркується буквою «Н» білого кольору розміром 40 × 60 мм.*

Експлуатації підлягають тільки справні прилади. Якщо виявлені несправності, які належать до поточного ремонту, їх усуває під час технічного обслуговування та особа, за якою закріплений прилад. Якщо несправність у приладі не може бути усунута у військових умовах, прилад направляють до ремонтної майстерні. Це рішення приймає комісія, яка проводить технічну перевірку, або начальник служби РХБз та екологічної безпеки. У технічному формулярі робляться записи про технічний стан, закріплення приладу, час його роботи за кожний квартал, проведення технічних оглядів і перевірок, ремонту, консервації та градування.

Заповнюється формуляр чітко за графами чорнилом. На кожний прилад у підрозділах запроваджується «Листок повсякденного обліку роботи приладу» (табл. 3.1).

Листок заповняються щодобово після роботи особою, за якою закріплений прилад, та вкладається в технічний формуляр. Наприкінці кварталу за даними листка заносять у формуляр сумарний час роботи приладу. Після використання листок замінюється новим.

Для підтримання технічної справності та забезпечення безвідмовної роботи приладів здійснюється повсякденне та періодичне технічне обслуговування (ТО).

### Таблиця 3.1



Листок повсякденного обліку роботи приладу

Тип приладу \_\_\_\_\_, № \_\_\_\_\_, рік виготовлення 20\_\_\_\_ р.

Дата	Час роботи приладу, хв	Дата	Час роботи приладу, хв	Дата	Час роботи приладу, хв

Усього за \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ р. \_\_\_\_\_ хв \_\_\_\_\_ год

**Повсякденне технічне обслуговування** здійснюється безпосередньо в підрозділах після занять або інших робіт із приладами особами, за якими вони закріплені.

**Періодичне технічне обслуговування** – включає усі заходи повсякденного ТО та контрольно-перевірочні роботи. У це обслуговування входять також ремонтно-профілактичні роботи та перевірка градування приладів.

Періодичне технічне обслуговування планується в масштабі підрозділу, для його здійснення залучаються ремонтні майстерні. Проводиться ТО, як правило, два рази на рік. Перед ТО всі дозиметричні прилади, які перебували на зараженій місцевості, дезактивуються дво- трикратним протиранням зовнішніх поверхонь ганчіркою, злегка змоченою дезактивуючим розчином або бензином.

Повсякденне технічне обслуговування передбачає зовнішній огляд, перевірку комплектності та працездатності приладу. За технічним станом прилади поділяються на п'ять категорій:

- 1 категорія – нові прилади, не були в експлуатації та відповідають вимогам основних технічних даних;
- 2 категорія – прилади, які знаходяться на складах і в експлуатації, справні або потребують поточного ремонту;
- 3 категорія – прилади, які потребують середнього ремонту;
- 4 категорія – прилади, які потребують капітального ремонту;
- 5 категорія – прилади, відновлення яких неможливе або недоцільне.

У зв'язку з цим ремонт ВДА поділяється на три види: поточний, середній і капітальний. Вид ремонту, необхідний для відновлення приладу, визначається за його технічним станом, характером несправностей та обсягом робіт щодо їх усунення.

Поточний ремонт (усунення зовнішніх механічних пошкоджень без розкриття та розбирання схеми приладу, чищення, видалення корозії, пофарбування) здійснюється в підрозділах особовим складом, за яким закріплені прилади.

Середній ремонт (заміна несправних деталей, усунення пошкоджень у монтажі, регулювання та градування приладу) здійснюється в майстернях частин і підрозділах РХБз, а також у ремонтних органах – спеціально підготовленими майстрами та техніками.

Під час капітального ремонту прилад повністю розбирається, замінюються вузли монтажу з подальшим електричним регулюванням. Такий ремонт здійснюється в майстернях центральних складів, баз, а також на заводах виробників.

Як керівний документ для вказаних ремонтних органів видані «Технічні умови на середній і капітальний ремонт дозиметричних приладів» (ТУ № 3927) та керівництва з середнього ремонту для кожного приладу.

У них передбачена технологія ремонту, обсяг і послідовність контрольно-перевірних іспитів відновленої апаратури.

### Глава 3.2. Маркування джерел альфа- та бета-випромінювань

Зразкові джерела альфа- та бета-випромінювань являють собою металеві підкладки, на яких тонким шаром нанесена РР, закрита захисним покриттям для запобігання можливості забруднення. Як захисне покриття для джерел альфа-випромінювання використовують тонкі окиснювальні плівки, а для джерел бета-випромінювань використовують фольгу товщиною  $0,05 \pm 0,006$  мм. У джерелах альфа-випромінювання товщина радіоактивного шару разом із захисним покриттям не перевищує  $0,2$  мг/см<sup>2</sup>.

У джерел бета-випромінювання товщина фільтрувального паперу, на який нанесений радіоактивний нуклід, становить  $7,5 \pm 0,3$  мг/см<sup>2</sup>. Джерело має площу активної поверхні 4, 10, 40, 100, 160 см<sup>2</sup>. Неактивні поля по периметру джерел шириною 15 мм дозволяють брати їх пінцетом, не торкаючись активної поверхні. Поглиблення в підкладці 0,5 мм захищає активну поверхню від механічних пошкоджень. Геометричні розміри джерел наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Геометричні розміри альфа- та бета-джерел

Діаметр підкладки джерел, мм	Діаметр активного джерела, мм	Площа активної поверхні, см <sup>2</sup>
35	12	1
52	22	4
66	36	10
101	71	40
143	113	100
135×185	105×155	160

Підкладка зразкових джерел альфа-вимірювання виготовлена з нержавіючої сталі, джерел бета-випромінювання – із алюмінію. Товщина підкладки, урахувавши поглиблення,  $1,5 \pm 0,2$  мм. Як радіоактивний нуклід для джерела альфа-випромінювання використовується плутоній-239, уран-234, уран природний.

Енергія альфа-частинок змінюється від 4,13 до 5,15 МеВ. Для джерел бета-випромінювання використовується стронцій-90, який знаходиться в рівновазі з ітрієм-90. Максимальна енергія спектра бета-частинок стронцію-90 становить 0,61 МеВ, ітрію-90 – 2,1 МеВ. Період піврозпаду стронцію-90 складає 28,5 років.

Основні характеристики зразкових джерел альфа- і бета-випромінювань такі:

- активність нукліда в джерелі, розп/с ;

– зовнішнє випромінювання, яке вимірюється кількістю частинок, що вилітають з активної поверхні за 1 секунду в кут  $2\pi$ .

На неробочій поверхні джерел гравіюють заводський номер, рік виробництва та маркування відповідно до площі активної поверхні джерела й номінального значення зовнішнього випромінювання. Умовні позначення під час маркування джерел наведені в табл. 3.3.

**Таблиця 3.3**

Маркування джерел альфа- та бета-випромінювань

Маркування площі активної поверхні		Маркування нукліда		Маркування значення еличини зовнішнього випромінювання	
площа активної поверхні, см <sup>2</sup>	маркування	нуклід	маркування	номінальне значення зовнішнього випромінювання в куті $2\pi$ , част/с	маркування
1	2	3	4	5	6
1	1	Плутоній-239	П9	1,2	12
4	2	Уран природний	У8	2	2
10	3	Уран-234	У4	3	3
40	4	Стронцій-90	С0 (Б8)	5	5
		Ітрій-90			
100	5			8	8
160	6			$1,2 \cdot 10^1$	121
				$3 \cdot 10^1$	31
				$8 \cdot 10^1$	81

Для визначення залежності чутливості дозиметричних приладів від енергії бета-частинок використовують джерела талію-204, кобальту-60 та вуглецю-14, що випромінюють бета-частинки з максимальною енергією відповідно 0,78, 0,31, 0,16 МеВ.

**Приклад:** маркування джерела альфа-випромінювань з нуклідом уран-234 зі значенням величини зовнішнього випромінювання  $3 \cdot 10^2$  част/с в куті  $2\pi$  на підкладці активної поверхні 100 см<sup>2</sup> – 5У4-32.

**Перелік документів, необхідних для оформлення Санітарного паспорту**

До територіальних закладів державної санітарно-епідеміологічної служби МОЗ України необхідно подати Звіт про відповідність до вимог санітарного законодавства (для підприємств I та II категорій), а також такі документи:

1. Про відповідність приміщень, призначених для роботи з джерелами іонізуючих випромінювань, до вимог Правил:

- акт державної санітарно-епідеміологічної експертизи проекту;
- акт приймання нових чи реконструйованих підприємств;
- акт перевірки дотримання санітарного законодавства на діючих підприємствах (у тому числі акти обстеження спеціалізованими організаціями системи спецвентиляції, спецканалізації, пило-газоочищення для роботи з відкритими джерелами).

2. Про наявність необхідної для роботи апаратури та обладнання:  
- технічний паспорт (сертифікат або свідоцтво) на ДІВ;  
- метрологічні свідоцтва на апаратуру;  
- акт інвентаризації фактичної наявності ДІВ на момент одержання санітарного паспорта;  
- договір на технічне обслуговування чи документи, що підтверджують можливість самостійно проводити техобслуговування установки на підприємстві.

3. Висновок про проходження персоналом медогляду або медична довідка про відсутність медичних протипоказань у персоналу для роботи з джерелами іонізуючих випромінювань.

4. Положення про підприємство (підрозділи підприємства), діяльність якого пов'язана з ДІВ. У Положенні визначаються завдання підприємства, подаються перелік нормативних документів, схема генерального плану і посадові інструкції персоналу.

5. Акт обстеження пожежною інспекцією (для підприємств, які вводяться в експлуатацію знову).

6) Договір підприємства зі спецкомбінатом на збирання і захоронення радіоактивних відходів.

7) Договір підприємства зі спецпральнею на прання спецодягу.

8) Оцінка характеру опромінення і заходів, що застосовуються адміністрацією підприємства для забезпечення протирадіаційного захисту персоналу і населення за нормальних умов експлуатації джерела, а також у разі радіаційних аварій:

- інструкція з радіаційної безпеки під час проведення робіт із джерелами іонізуючих випромінювань;

- положення про роботу служби радіаційної безпеки з визначенням посадової особи, яка відповідальна за радіаційну безпеку в установі;

- накази про призначення відповідального за радіаційну безпеку, облік і зберігання джерел, передавання на захоронення радіоактивних відходів, за організацію і проведення радіаційного контролю, про допускання осіб з персоналу категорії А до робіт із джерелами іонізуючих випромінювань;

- контрольні рівні радіаційної безпеки;

- копії документів, що підтверджують рівень знань персоналом норм і правил з радіаційної безпеки, необхідний для роботи з джерелами;

- копії протоколів перевірки знань персоналу «інструкцій з радіаційної безпеки під час проведення робіт з джерелами іонізуючих випромінювань» плани аварійних заходів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Защита от оружия массового поражения. – М.: Воениздат, 1989. – 398с.
2. Кушнеревич М. П. Теорія і техніка спеціальної обробки : навчальний посібник / М. П. Кушнеревич, В. В. Марущенко, С. М. Меньшов. – Х. : ФВП НТУ «ХП», 2009. – 322 с.
3. Мартинюк І.М., Марущенко В.В., Меньшов С.М., Сакур. О.В. Сильнодіючі отруйні речовини та захист від них: навчальний посібник / І.М. Мартинюк, В.В. Марущенко, С.М. Меньшов, О.В. Сакур. – Харків: ФВП НТУ «ХП», 2008. – 404 с.
4. Марущенко В.В., Кушнеревич М.П., Бессонов О.Л. Авторозливна станція АРС-15: Навчальний посібник. – Х.: ХІТВ, 2006. – 186с.
5. Меньшов С. М. Комплекти та прилади спеціальної обробки : навчальний посібник / С. М. Меньшов, М.П.Кушнеревич. – Х. : ФВП НТУ «ХП», 2011. – 100 с.
6. Сахаров Г.В., Петров С.І., Баталов А.І., Блажеєвський М.Є., Дядченко В.В. Технічні засоби індикації отруйних речовин: Навчальний посібник. Вид. 2-е, переробл. і доп. – Харків: ХІТВ, 2005. – 280 с.
7. Чернявський І.Ю., Марущенко В.В. Мартинюк І.М. Військова дозиметрія: Підручник. – Харків: НТУ «ХП», 2012. – 560 с.

**Навчальне видання**

**Слепужніков Євген Дмитрович  
Чиркіна Марина Анатоліївна**

**ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ТА РОЗВІДКИ**

*Конспект лекцій*

Підп. до друк 01.12.16. Формат 60x84 1/16.  
Умовн.-друк. арк. 7,44.  
Вид. № 12/16.

Сектор редакційно-видавничої діяльності  
Національного університету цивільного захисту України  
61023 м. Харків, вул. Чернишевська, 94.