

Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Національний університет цивільного захисту України
Кафедра автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ
Начальник кафедри АСБтаІТ
Роман ШЕВЧЕНКО

Навчальна дисципліна
**СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ
НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ**

Лекція № 11
**ФІЗИЧНІ ОСНОВИ РОБОТИ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ ДИМУ ТА
ПОЛУМ'Я**



Лекцію розробив:
Доцент кафедри АСБтаІТ

Вячеслав ДУРЄЄВ
ХАРКІВ 2024

Лекція № 11

Фізичні основи роботи пожежних сповіщувачів диму та полум'я



ПИТАННЯ ЛЕКЦІЇ:

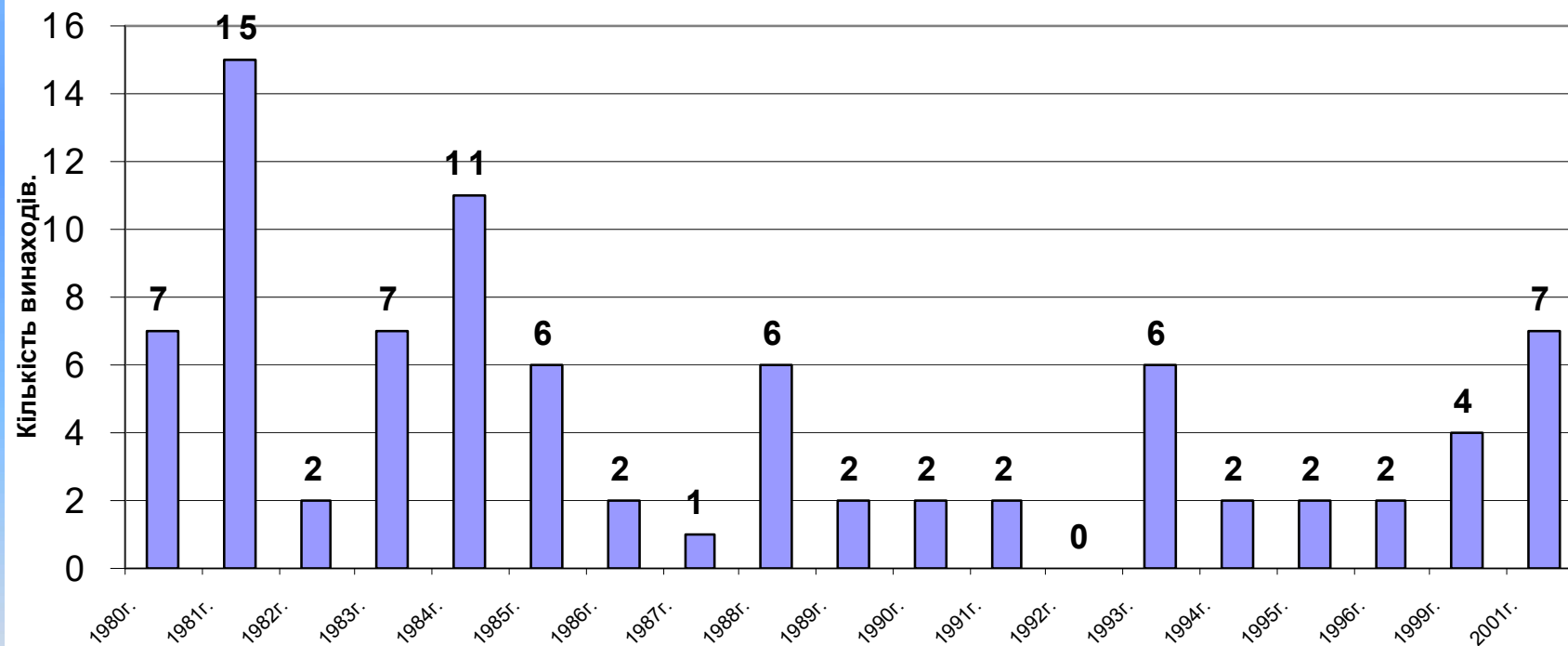
1. Принципи побудови оптико-електронних сповіщувачів. Оцінка міри задимлення.
2. Оптичні ДПС, які діють за принципом контролю розсіяного світла
3. Оптичні ДПС, які діють за принципом контролю світла, що проходить.
4. Приклади технічної реалізації ДПС.
- 5 Фізичні основи роботи РІДПС
- 6 Принцип роботи та конструкція РІДПС
- 7 Загальні вимоги до РІДПС
- 8 Пожежні сповіщувачі полум'я
 - 8.1 Інфрачервоні сповіщувачі полум'я
 - 8.2 Ультрафіолетові сповіщувачі полум'я

ВСТУП

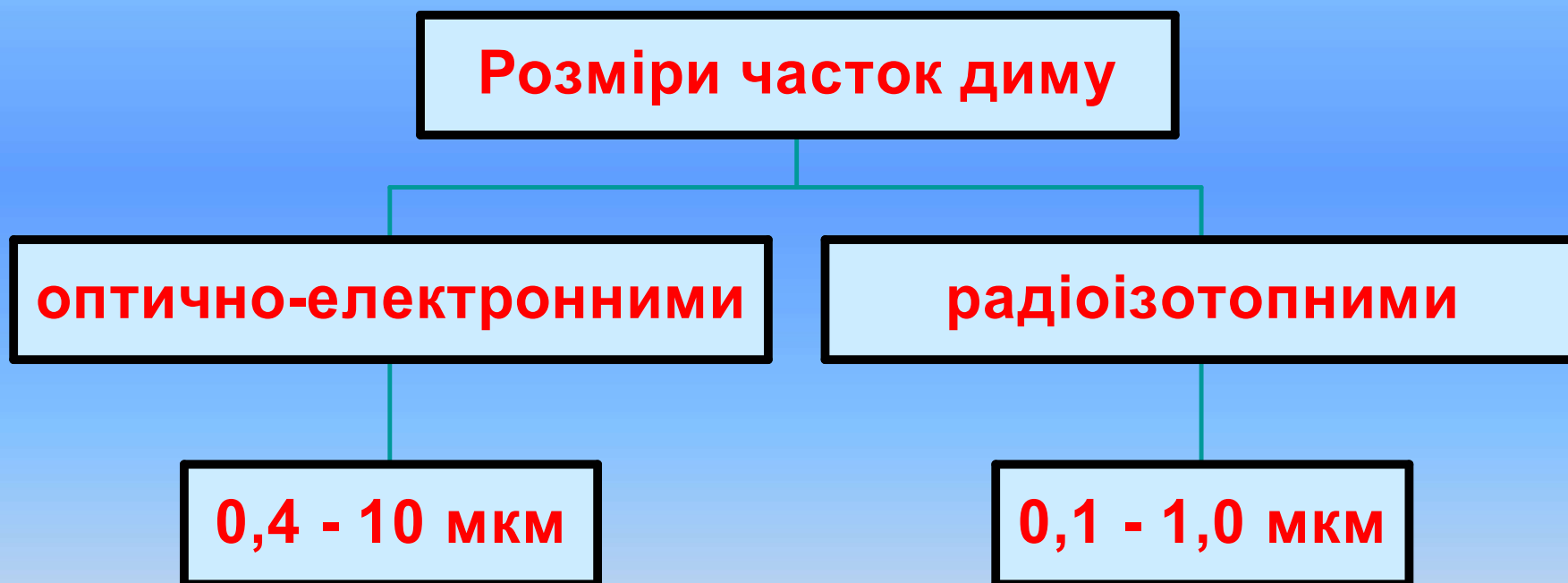
Димових сповіщувачів 48,9 %:

- Оптико-електронні - 43,5 %
- Радіоізотопні - 5,4 %

Статистичні дані свідчать про постійний інтерес до РДПС, що підтверджують результати патентно – інформаційного пошуку за 1980 – 2003 роки



Переваги ДРПС у виявленні диму



В УЧРЕЖДЕНИЯХ ДОНЕЦКА НА ГОЛОВЫ ЛЮДЕЙ СЫПЛЕТСЯ РАДИОАКТИВНЫЙ ПОРОШОК

Начиненный плутонием датчики пожарной сигнализации уже давно отработали положенный срок и прохудились

Николай СКРИПНИК

ФАКТЫ (Донецк)

Оказывается, десятки и сотни тысяч жителей Донбасса, сами того не подозревая, работали и работают на радиационно опасных предприятиях. Об этом заявил на брифинге директор донецкого предприятия "Защита" Олег Бондаренко. Он сообщил, что более 20 лет назад на предприятиях и в организациях Донецкой области были установлены радиоизотопные дымовые извещатели. Безопасный срок их эксплуатации – не более пяти лет. Затем непригодные датчики становятся источником радиоактивного загрязнения плутонием-239.

Специалисты отдела радиационной гигиены Донецкой облСЭС из года в год бьют тревогу. На промышленных предприятиях, в организациях и учреждениях Донетчины они уже обнаружили более восьми тысяч (!) просроченных фонащих приборов. Замерили уровень радиации и ужаснулись: стрелки дозиметров зашкалило за отметку две тысячи микрорентген в час, что в 180-200 раз превышает естественный радиационный фон в Донбассе.

Предписание медиков-радиологов однозначное: немедленно демонтировать и утилизировать в спецхранилищах эти мини-чернобыли. Тем более, что сейчас в достаточном объеме выпускаются современные отечественные приборы оповещения и автоматического пожаротушения. Но руководители предприятий разводят руками: нет средств, чтобы снять старые и закупить новые безопасные приборы пожарной защиты. Парадокс, но и в самом здании Донецкого центра стандартизации и метрологии, призванного строго следить за соблюдением норм безопасности, обнаружены злополучные датчики.

Прокомментировать ситуацию "ФАКТЫ" попросили заведующую отделом радиационной гигиены Донецкой облСЭС Ларису Гусеву:

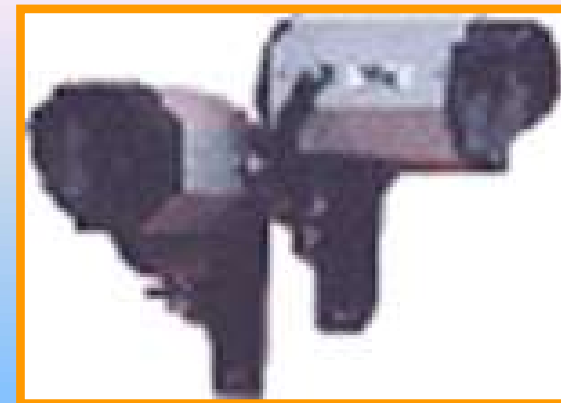
– Уже несколько лет наши специалисты-радиологи с помощью дозиметров планомерно обследуют производственные помещения, где еще в конце 60-х – в начале 70-х годов были установлены эти извещатели. Половину демонтировали и отправили в Харьковское спецхранилище. Но работа продвигается медленно.

Защитные металлические пластинки, прикрывавшие изотоп плутония, в результате многолетней коррозии просто рассыпались. И теперь порошковидный радиоактивный изотоп изо дня в день оседает на головы и одежду работающих в этих помещениях.

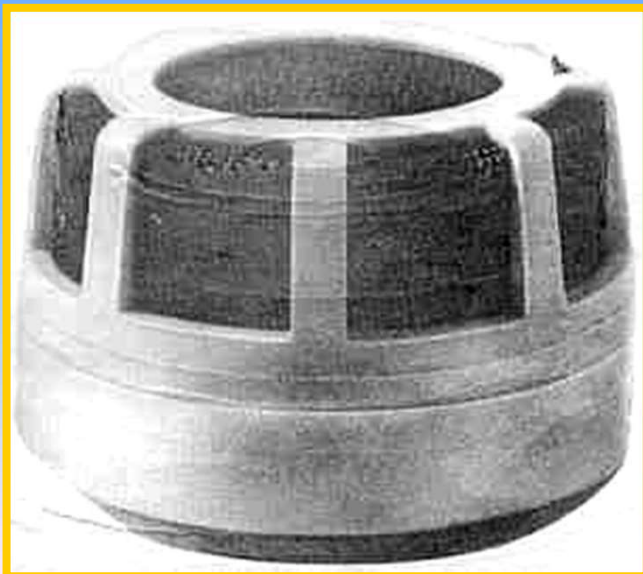
– А квартирные пожарные сигнализаторы тоже представляют опасность?

– Согласно инструкции, эти приборы категорически запрещалось устанавливать в жилых помещениях. Но

на практике мы обнаруживали их в просторной московской квартире "Маяк" еще раньше, в объектах Донецкого



ДИМОВІ ОПТИКО- ЕЛЕКТРОННІ ПОЖЕЖНІ СПОВІЩУВАЧІ



Початкова стадія розвитку пожежі в житловій кімнаті



Сповідання про пожежу



1 ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СПОВІЩУВАЧІВ ОЦІНКА МІРИ ЗАДИМЛЕННЯ.

Дим - це сукупність твердих часток, зважених в повітрі або іншому газоподібному середовищі.

Розмір часток 0,1 -1 мкм

МЕТОДИ ВИКРИТТЯ ДИМУ

```
graph TD; A[МЕТОДИ ВИКРИТТЯ ДИМУ] --> B[ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИЙ]; A --> C[РАДІОІЗОТОПНИЙ];
```

ОПТИКО-
ЕЛЕКТРОННИЙ

РАДІОІЗОТОПНИЙ

ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИЙ МЕТОД
складається в аналізі стану середовища в
місці встановлення ПС шляхом зондування
локального об'єму робочої камери ПС за
допомогою оптичного променя.

ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИЙ МЕТОД

```
graph TD; A[ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИЙ МЕТОД] --> B[світловий потік на контрольованій ділянці перевищує допустиму величину]; A --> C[світловий потік, що пройшов через контрольовану ділянку менше допустимої величини];
```

світловий потік на
контрольованій
ділянці перевищує
допустиму величину

світловий потік, що
пройшов через
контрольовану
ділянку менше
допустимої величини

Зміна світлового потоку для
точкових ДПС:

$$\Phi = \Phi_0 \cdot k \cdot \frac{N \cdot V}{\lambda^4} \cdot (1 - \cos \theta)$$

Φ_0 - світловий потік, що виходить;

Φ - відбитий світловий потік;

N - кількість часток диму;

V - об'єм часток диму;

λ - довжина хвилі світла, що виходить;

θ - кут, що визначає напрямок світла.

Послаблення світлового потоку для лінійних ДПС:

$$\Phi = \Phi_0 \cdot e^{-k \cdot c \cdot L}$$

Φ_0 - світловий потік, що входить;

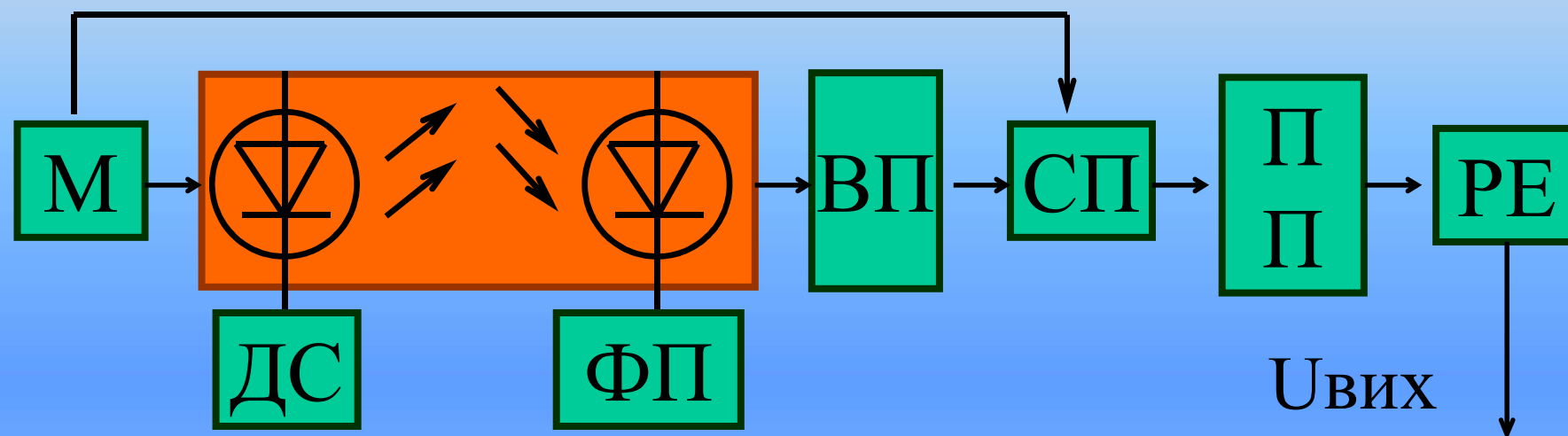
Φ - світловий потік, що виходить;

c - концентрація диму;

L - товщина шару диму;

k - коефіцієнт пропорційності.

СТРУКТУРНА СХЕМА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО ДПС



М - модулятор; ДС - джерело світла;
ФП - фотоприймач; ВП- виборчий підсилювач;
СП - схема порівняння; ПП - підсилювач
потужності; РЕ - релейний елемент.

Послаблення світла:

$$S_x = 100 \cdot \left(1 - \frac{I_x}{I_0} \right), [\%]$$

I_0 - інтенсивність випромінювання світла;

I_x - інтенсивність світла після проходження
крізь шар диму.

Оптична щільність:

$$OD_x = \lg\left(\frac{I_0}{I_x}\right), [\text{дБ} / \text{м}]$$

Зв'язок між послабленням світла
та оптичною щільністю:

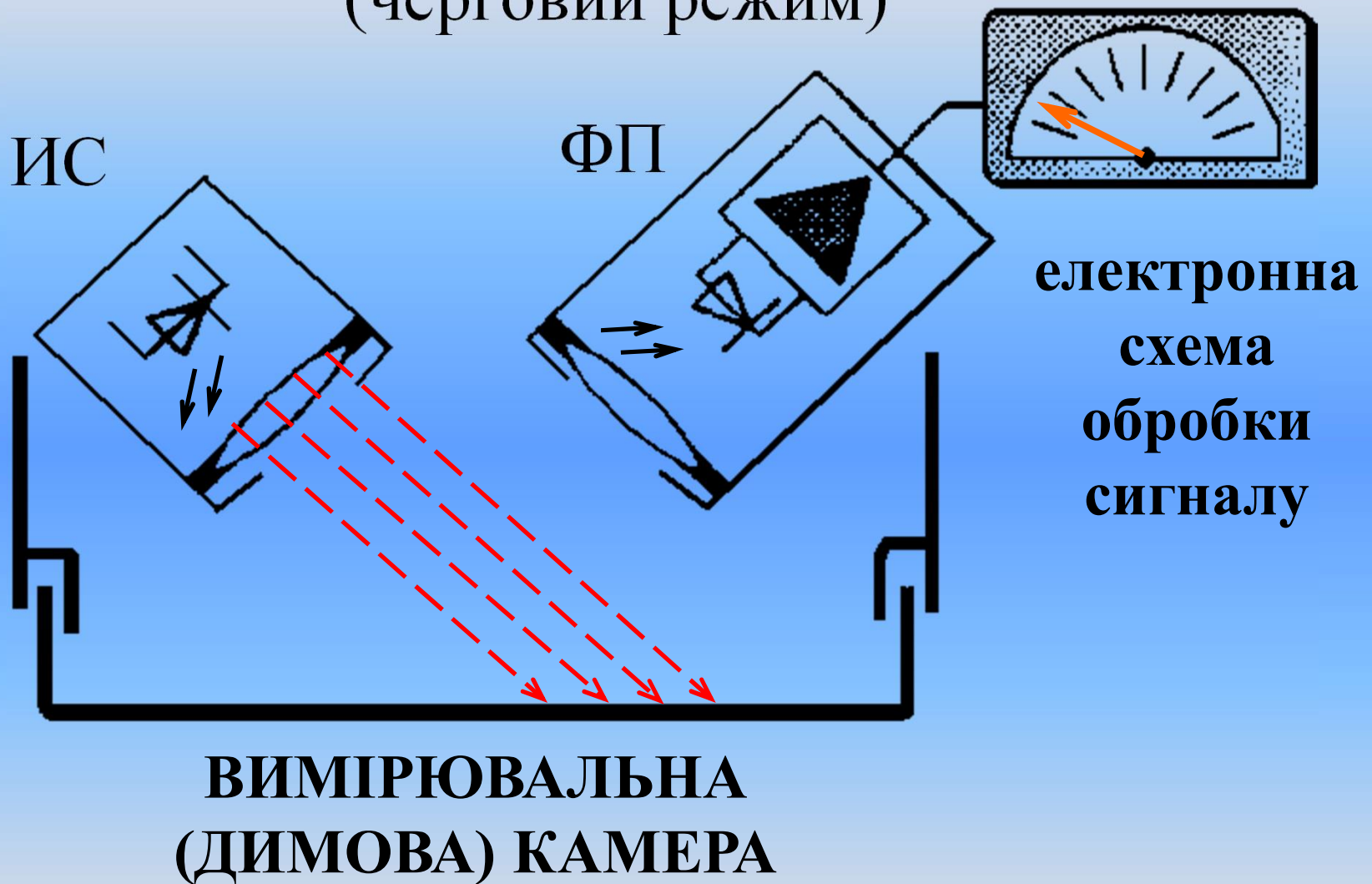
$$OD_x = 2 - \lg(100 - S_x)$$

2 ОПТИЧНІ ДПС, ЯКІ ДІЮТЬ ЗА ПРИНЦИПОМ КОНТРОЛЮ РОЗСІЯНОГО СВІТЛА .

Склад сповіщувача:

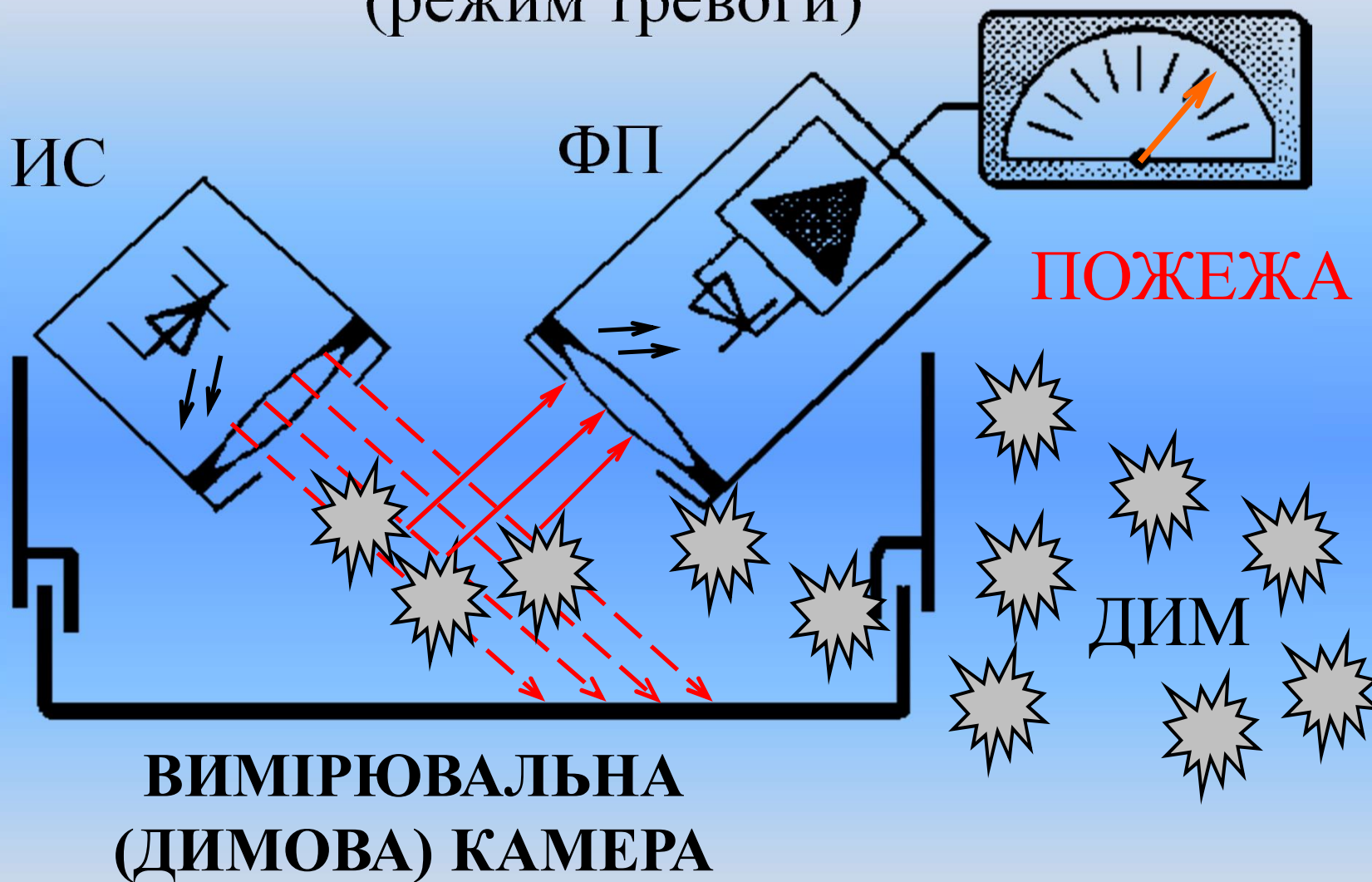
- абсолютно темна вимірювальна камера;
- джерело світла - інфрачервоний світлодіод;
- приймач - фотодіод;
- електронна схема обробки сигналу.

РОБОТА ОПТИЧНОГО ДПС (черговий режим)

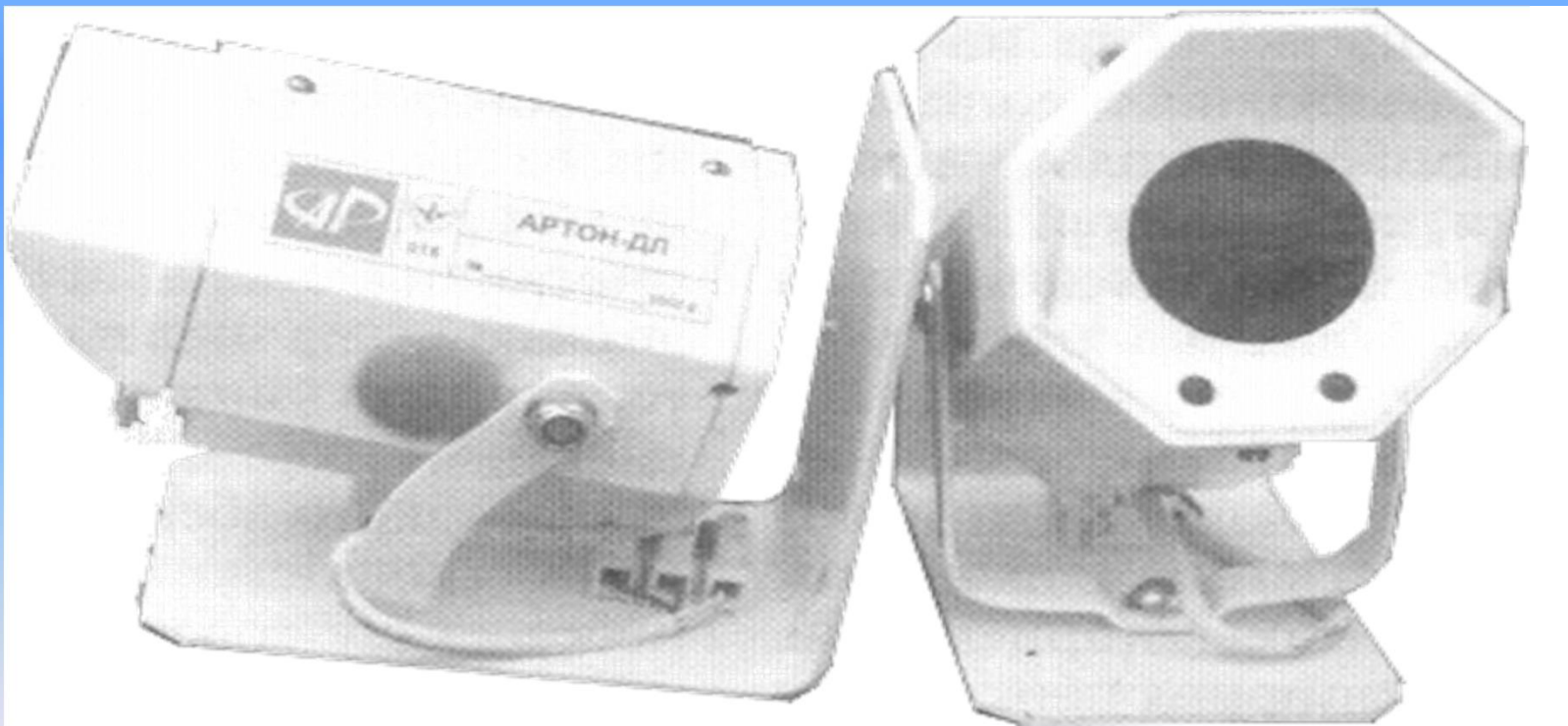


ИС - інфрачервоний світлодіод; ФП - фотодіод.

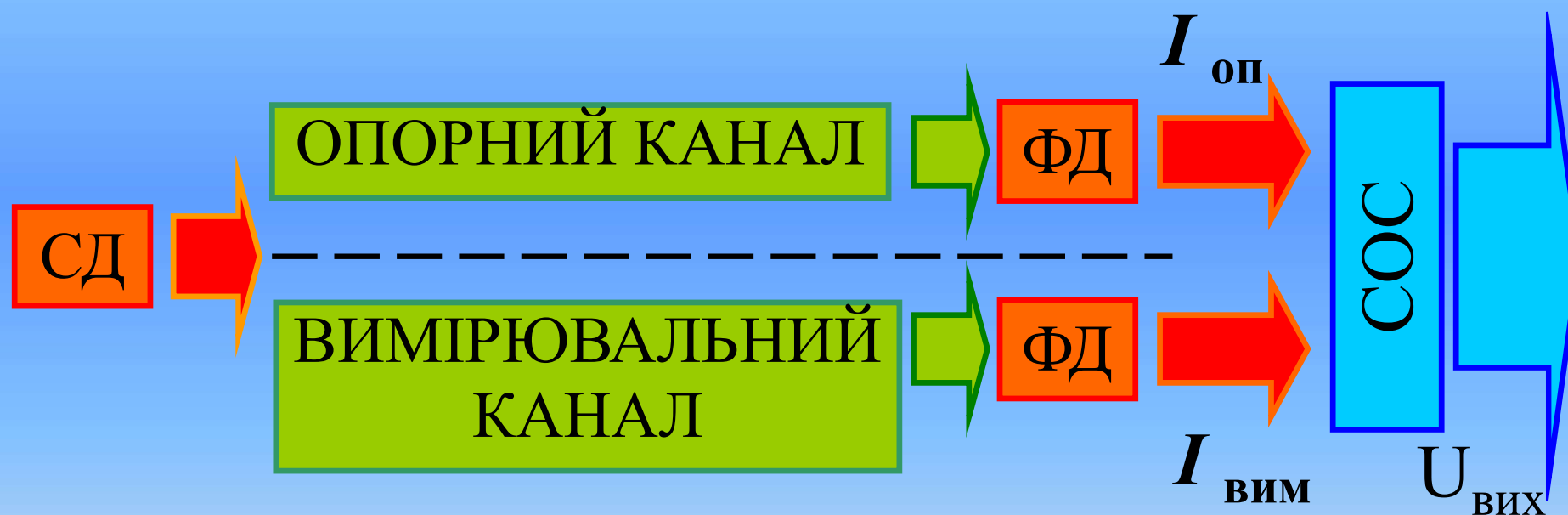
РОБОТА ОПТИЧНОГО ДПС (режим тревоги)



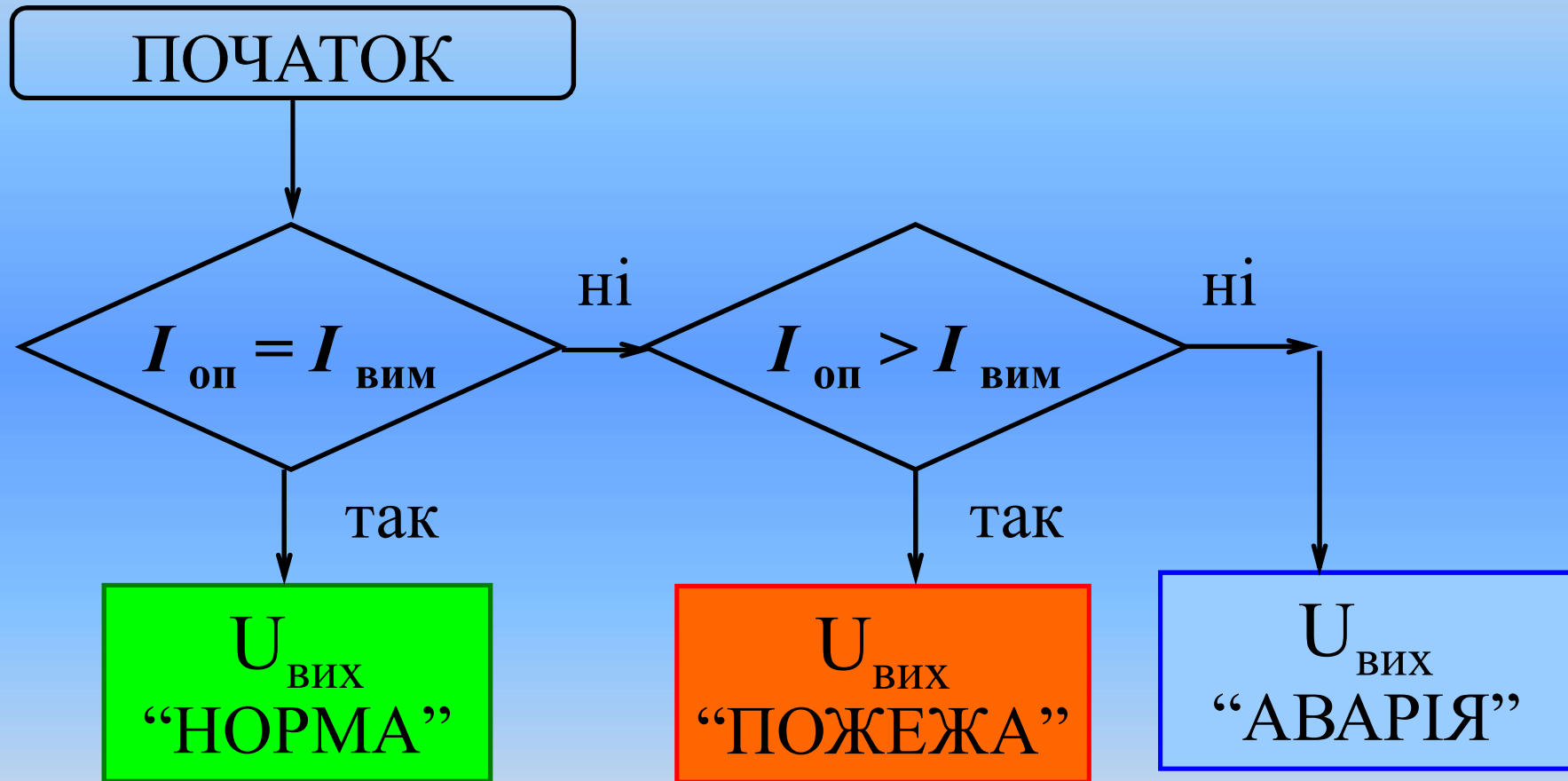
3 ОПТИЧНІ ДПС, ЯКІ ДІЮТЬ ЗА
ПРИНЦИПОМ КОНТРОЛЮ
СВІТЛА, ЩО ПРОХОДИТЬ .



Принципова схема ДПС, що працює за принципом контролю світла, що проходить .

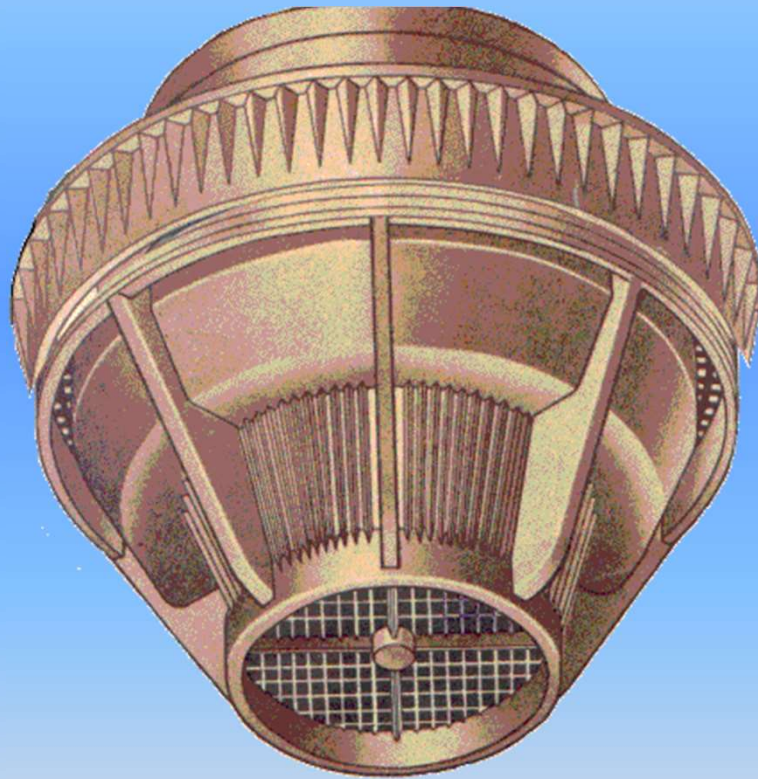


Алгоритм роботи схеми обробки сигналу ДПС



4 ПРИКЛАДИ ТЕХНІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДПС. Точкові ДПС

ТХ ДПС:



ИДФ-1М

1. Поріг спрацьовування
30 %
2. Інерційність не більш
10 с.
3. Напруга живлення -
27В.

ПРИКЛАДИ ТЕХНІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДПС.

Точкові ДПС

ТХ ДПС:



ДИП-1

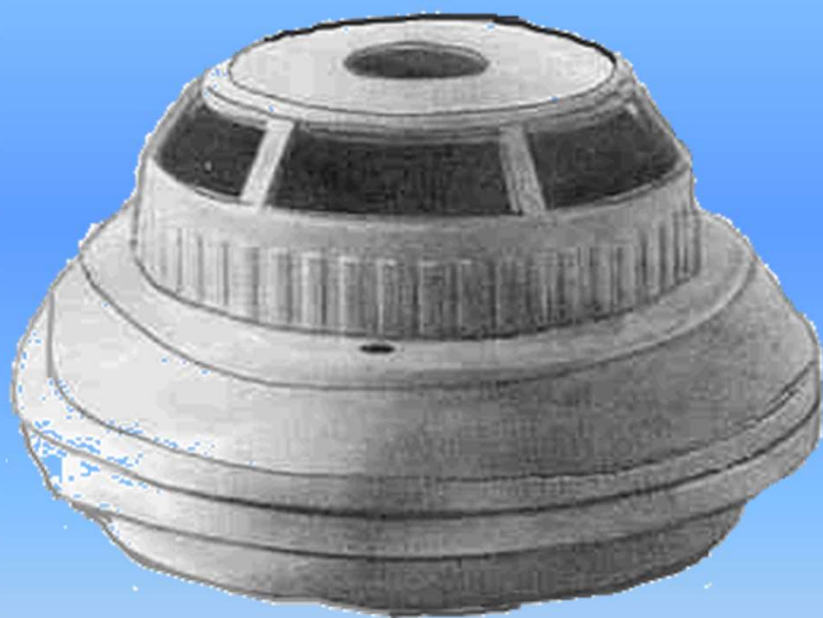
1. Поріг спрацьовування - 10 %
2. Інерційність не більш 10 с.
3. Напруга живлення - 24В.

ПРИКЛАДИ ТЕХНІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДПС.

Точкові ДПС

ТХ ДПС:

1. Поріг спрацьовування - не більш 5 %
2. Інерційність не більш 5 с.
3. Напруга живлення 24В.
4. Споживаний струм не більш 0,5 мА



ДИП-2(3)

ПРИКЛАДИ ТЕХНІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДПС.

Точкові ДПС

ТХ ДПС:

1. Поріг спрацьовування, від 0,05 до 0,2 дБ/м.
2. Інерційність не більш 5 с.
3. Напруга живлення від 10 до 30 В.
4. Споживаний струм не більш 0,2 мА.

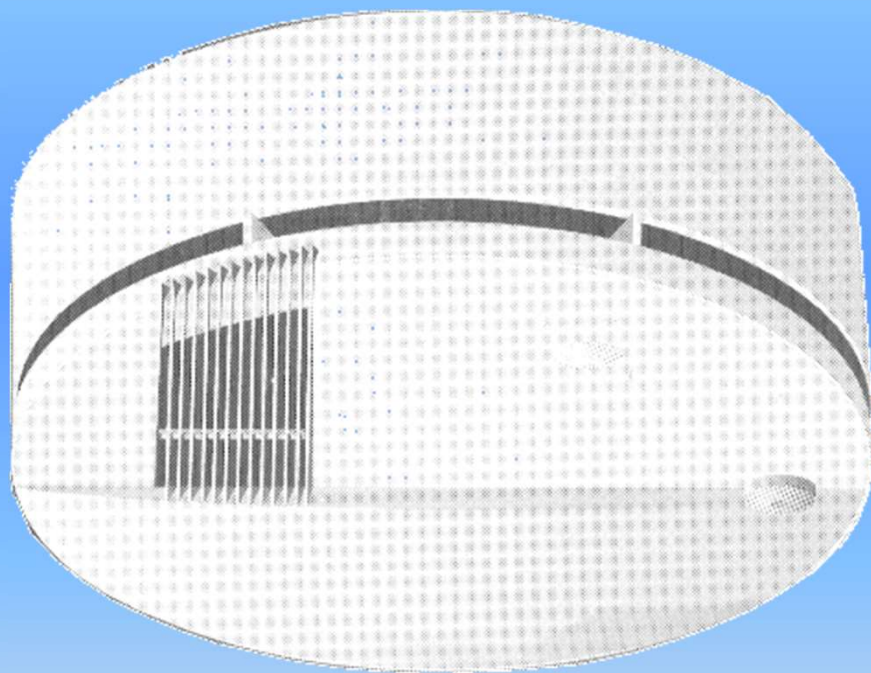


ИПК - 4(8)

ПРИКЛАДИ ТЕХНІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДПС.

Точкові ДПС

ТХ ДПС:



MERIDIAN MN-100

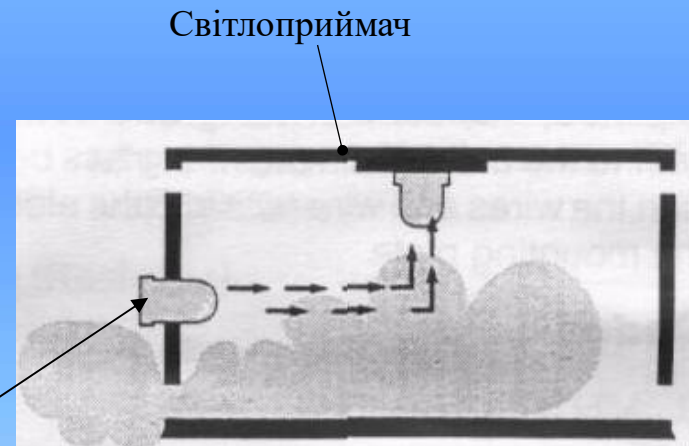
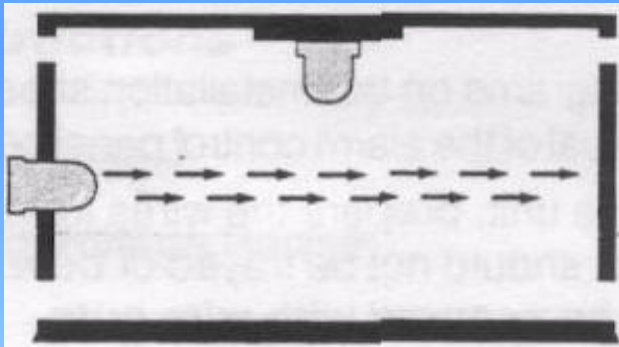
1. Поріг спрацьовування 2.1 %.
2. Інерційність до 5 с.
3. Напруга живлення від 10 до 30В.
4. Споживаний струм 15, 45 мА.

ПРИКЛАДИ ТЕХНІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДПС.

Точкові ДПС

Сповіщувачі типу "MN-... MERIDIAN" (DSC, Канада)

Устрій камери, чутливої до диму:



Випромінювач світла

ПРИКЛАДИ ТЕХНІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДПС.

Точкові ДПС



ИП-212-5М
(ДИП-3МЗ)

ТХ ДПС:

Чутливість (Дб) 0,05...0,2

Диапазон живлення (В) 16...24

Ток, черговий режим (мА) 0,16

Ток, "Тривога" (мА) 22

Спосіб підключення 2-х провідн.

Диапазон робочих температур (град.) -
30...+60

Ціна: 242.00 р

ПРИКЛАДИ ТЕХНІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДПС.

Точкові ДПС



ТХ ДПС:

Чутливість (Дб) 0,05...0,2

Диапазон живлення (В) 9...30

Ток, черговий режим (мА) 0,05

Ток, "Тривога" (мА) 22

Спосіб підключення 2-х провідн.

Диапазон робочих температур (град.) --
5...+55

Ціна: 180.00 р

ИП-212-41М
(ДИП-41М)

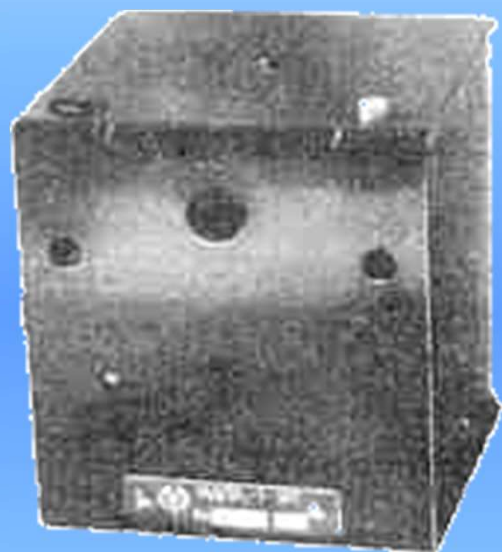
ПРИКЛАДИ ТЕХНІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДПС.

Лінійні ДПС

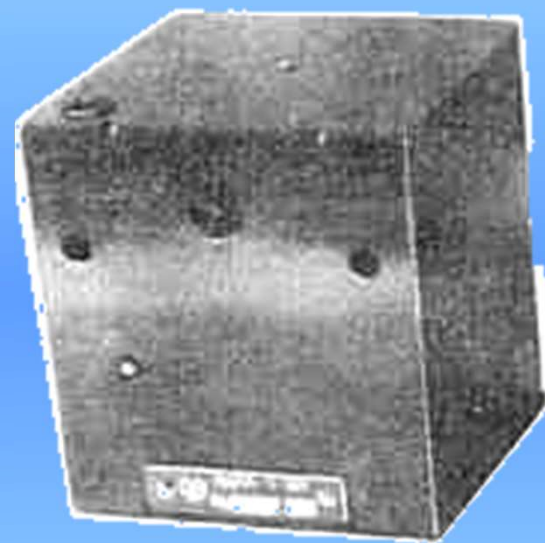
ТХ ДПС:

1. Поріг спрацьовування 5%
2. Інерційність до 5 с.
3. Напруга живлення від 10 до 30В.
4. Дальність дії до 150 м

ИП 212-7 (ИДПЛ)



Блок
випроміню-
вача

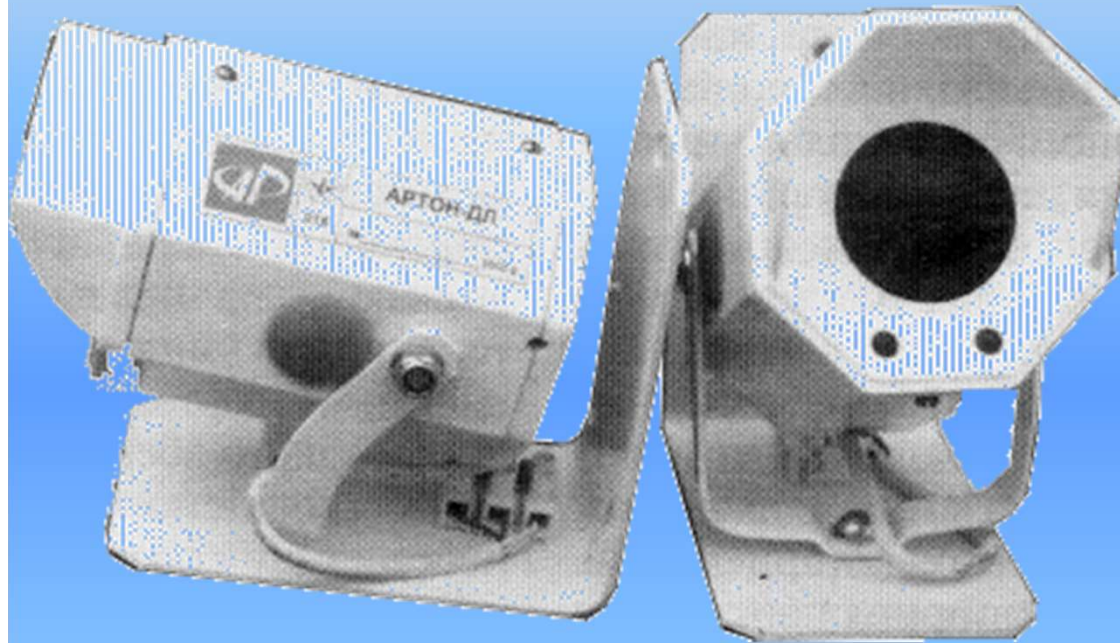


Блок
приймальни-
ка

ПРИКЛАДИ ТЕХНІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДПС.

Лінійні ДПС

ТХ ДПС:



Артон-ДЛ

1. Поріг спрацьовування 1,5дБ
2. Інерційність не більш 20 с.
3. Дальність дії від 10 до 100 м
4. Напруга живлення від 10 до 30В.
5. Споживаний струм не більш 2 мА.

ПРИКЛАДИ ТЕХНІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДПС.

Лінійні ДПС



ИПДЛ-52
(ИП 212-52)

ТХ ДПС:

1. Поріг спрацьовування 1,5дБ
2. Інерційність не більш 20 с.
3. Дальність дії від 10 до 100 м
4. Напруга живлення від 10 до 30В.
5. Споживаний струм не більш 2 мА.

ПРИКЛАДИ ТЕХНІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДПС.

Лінійні ДПС



ИПДЛ-52
(ИП 212-52)

ТХ ДПС:

1. Поріг спрацьовування 1,5дБ
2. Інерційність не більш 20 с.
3. Дальність дії від 10 до 100 м (70-100м)
4. Напруга живлення від 15 до 32В.
5. Споживаний струм 6-15 мА.

5

Фізичні основи роботи радіоізотопних сповіщувачів

МОДЕЛІ РДПС, ЩО ЗАСТОСОВУВАЛИСЬ ДЛЯ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ:

- *КИ-1*
- *РИД-1*
- *РИД-6М (ИП-211)*
- *DIO-31 “POLON”*
- *SM 141/84 “DICON-300”*

Під **ступенем іонізації m** розуміють відношення числа заряджених часток в одиниці об'єму, до повного числа часток у цьому об'ємі: $m = nr / n$.

α -частки несуть позитивний заряд, що дорівнює по абсолютному значенню подвоєнному заряду електрона, і являє собою потік ядер гелія.

β -промені являють собою потік швидких електронів з енергією, що сягає 10 MeV, та швидкістю, що наближається до швидкості світла в вакуумі.

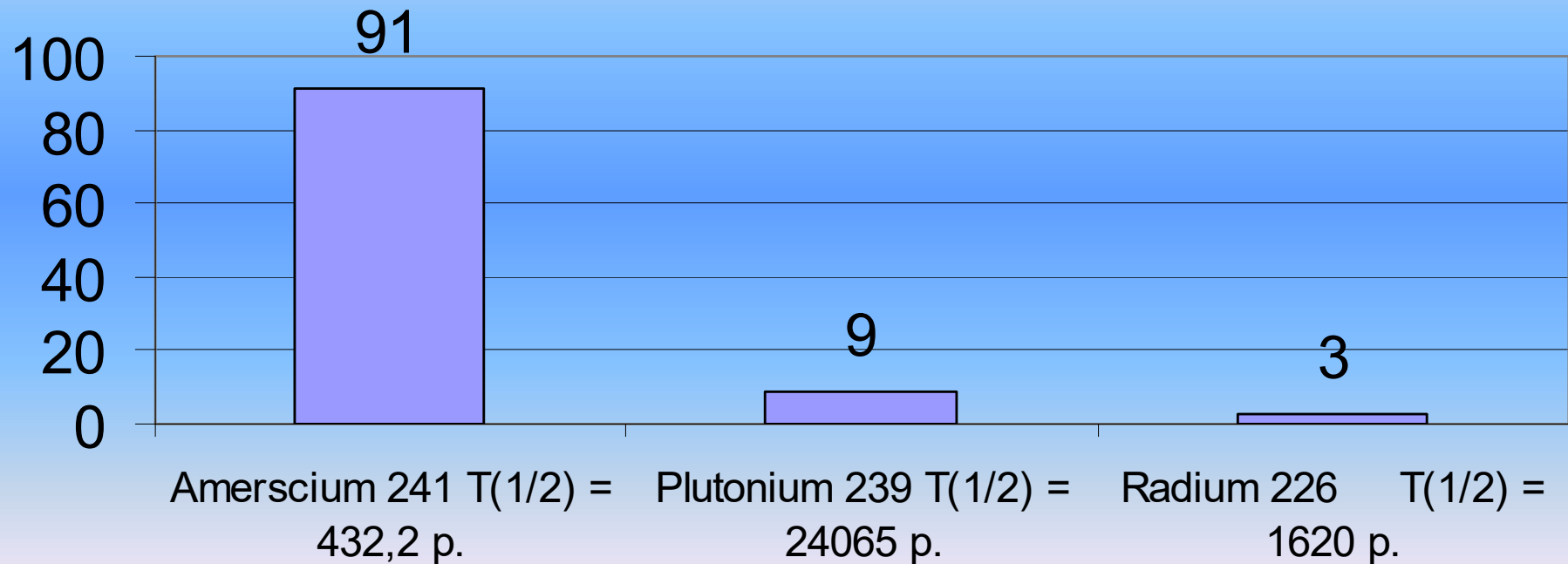
*В ДРПС використовуються альфа-частки:
Плутоній-239 (Pu-239), Америцій-241 (Am-241),
Радій-226 (Ra-226).*

Використання α -променів --- α -частки
мають малу довжину вільного
пробігу.

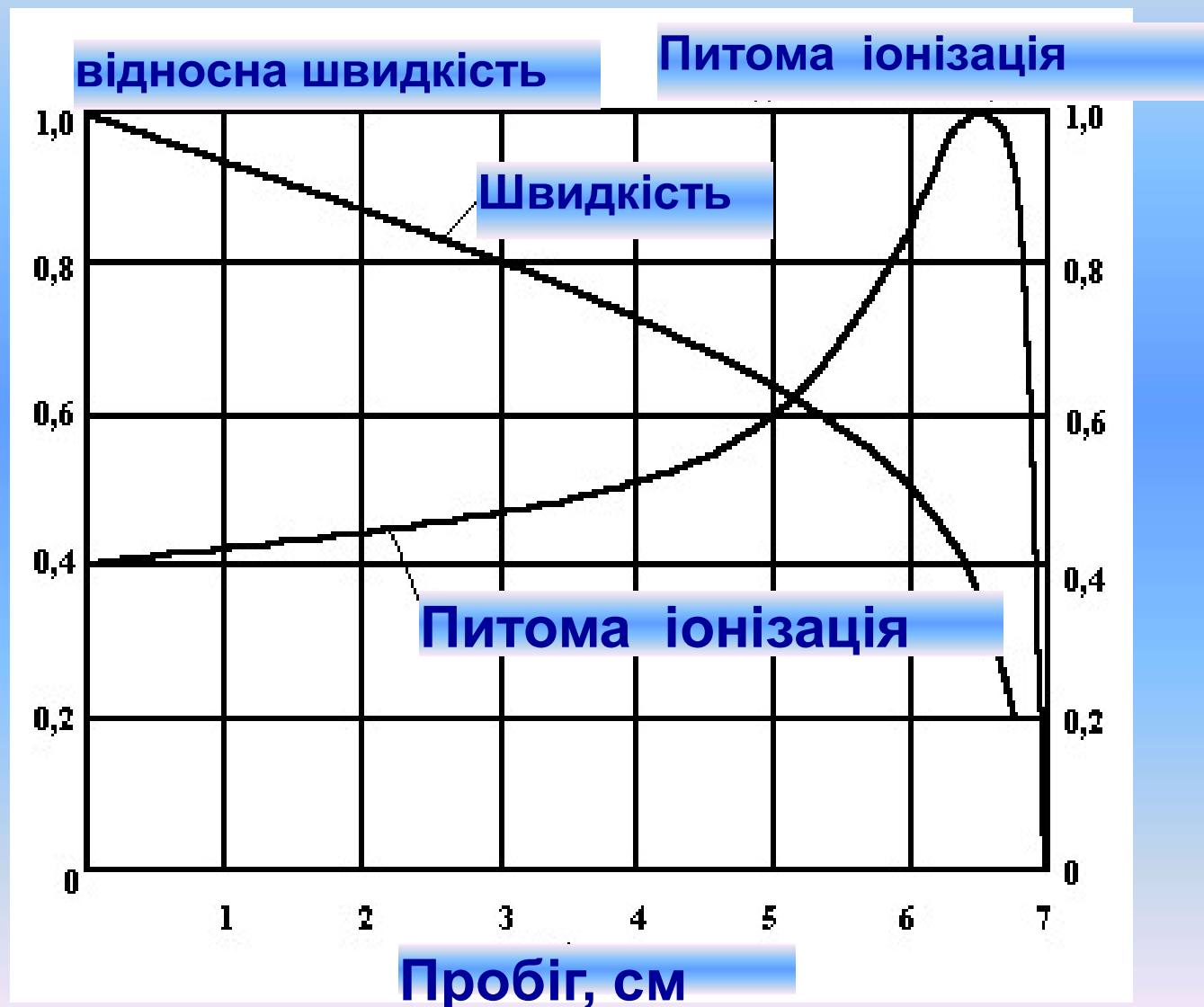
ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДІОІЗОТОПІВ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ В РДПС

Ізотоп	Символ	Період напіврозпаду	Тип випромі- нювання	Максимальна енергія випромінювання, МеВ	
				часток	γ-квантів
Радій 226	Ra ²²⁶	1590 років	α, β ⁻ , γ	α (4,77), β (1,17)	від 0,19 до 2,22(при рівновазі з продуктами розпаду)
Плутоній 239	Pu ²³⁹	2,4·10 ⁴ років	α, γ	5,20	від 0,02 до 0,38
Америцій 241	Am ²⁴¹	475 років	α, γ	5,48	0,07

РАДІОАКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ДРПС



Відносна залежність іонізації α -частинок Ra в повітрі від швидкості та шляху, пройденого часткою

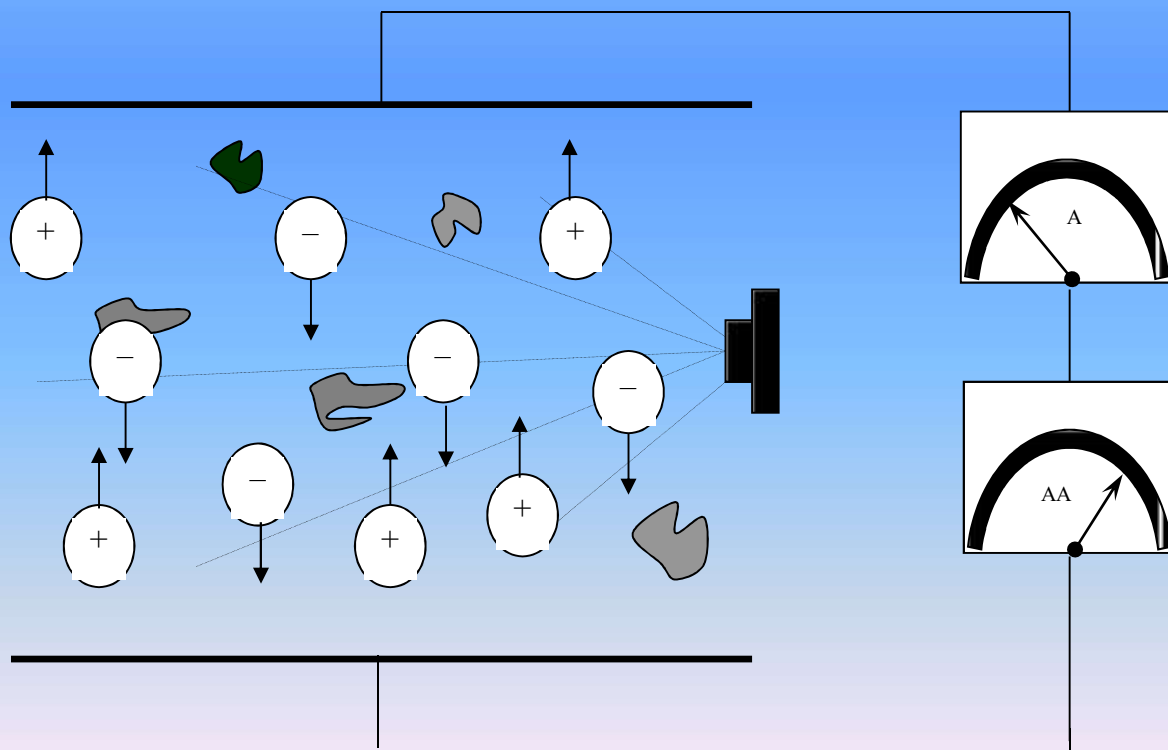


6

***Принципи роботи
та конструкція РІД СП***

ПРИНЦИПОВА СХЕМА РІД СП

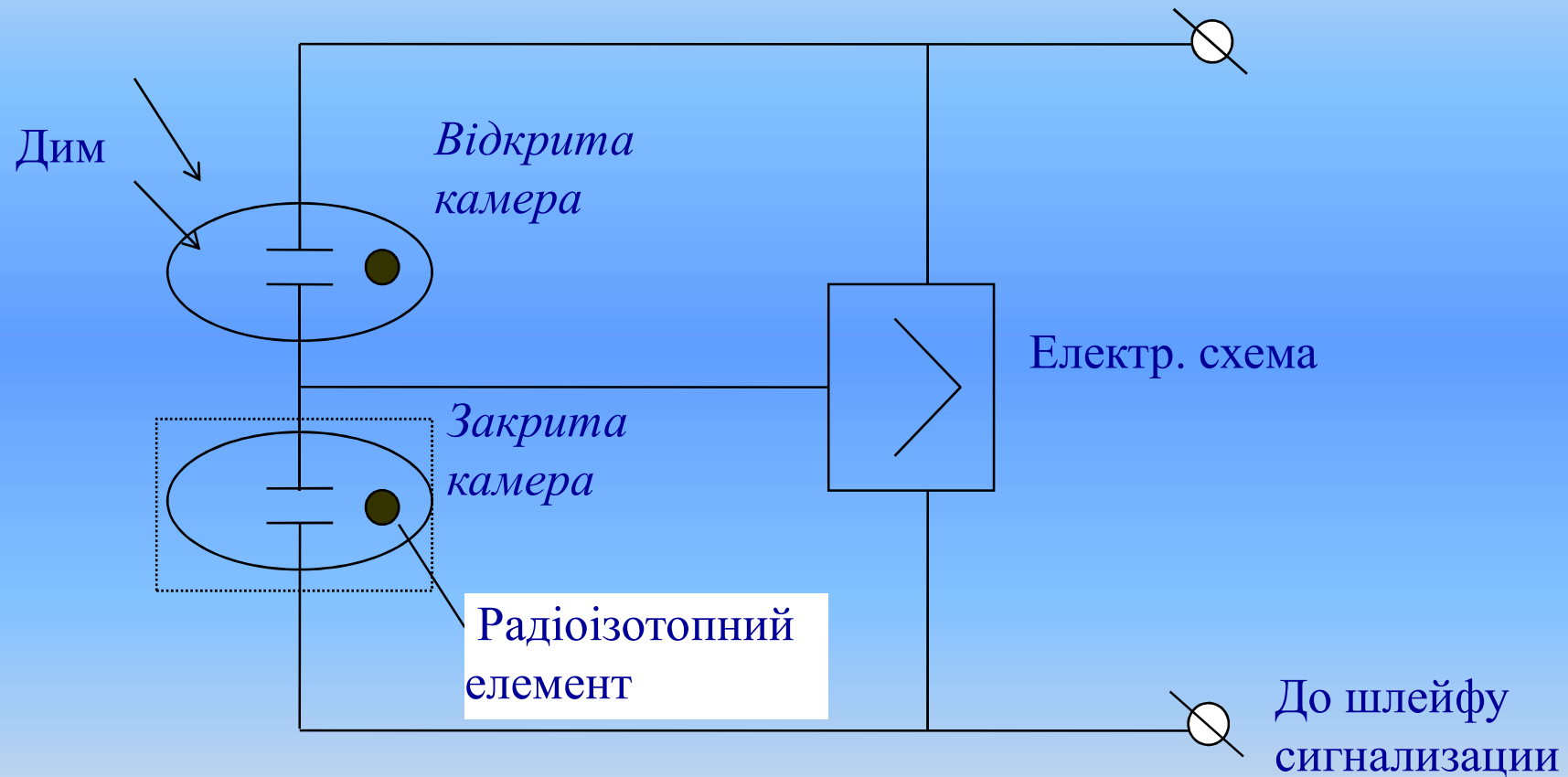
Величина
іонізаційного
струму в камері:



при наявності
димув (частин
аерозолі)

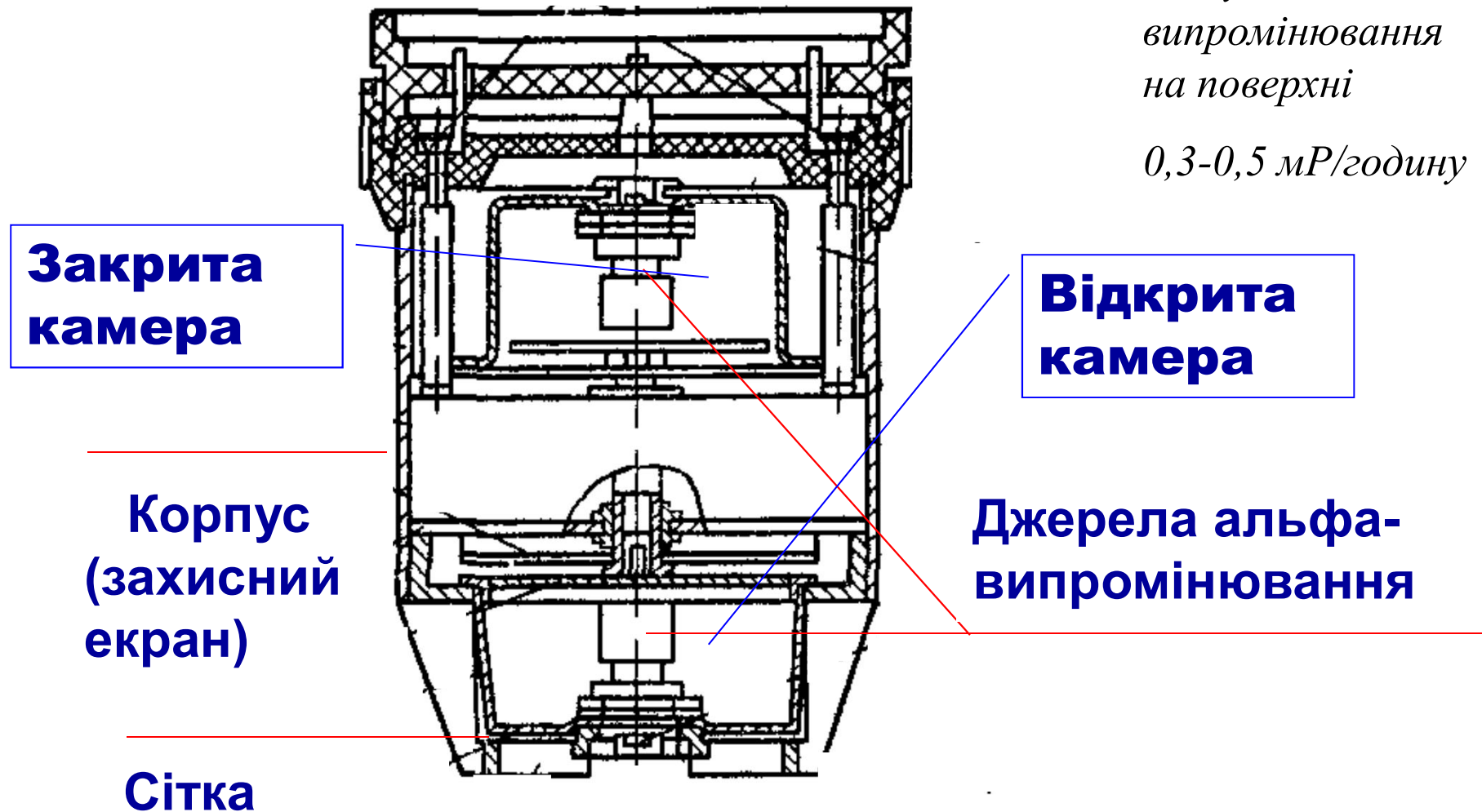
при відсутності
димув

ПРИНЦИПОВА СХЕМА ДВОКАМЕРНОГО РІДПІС



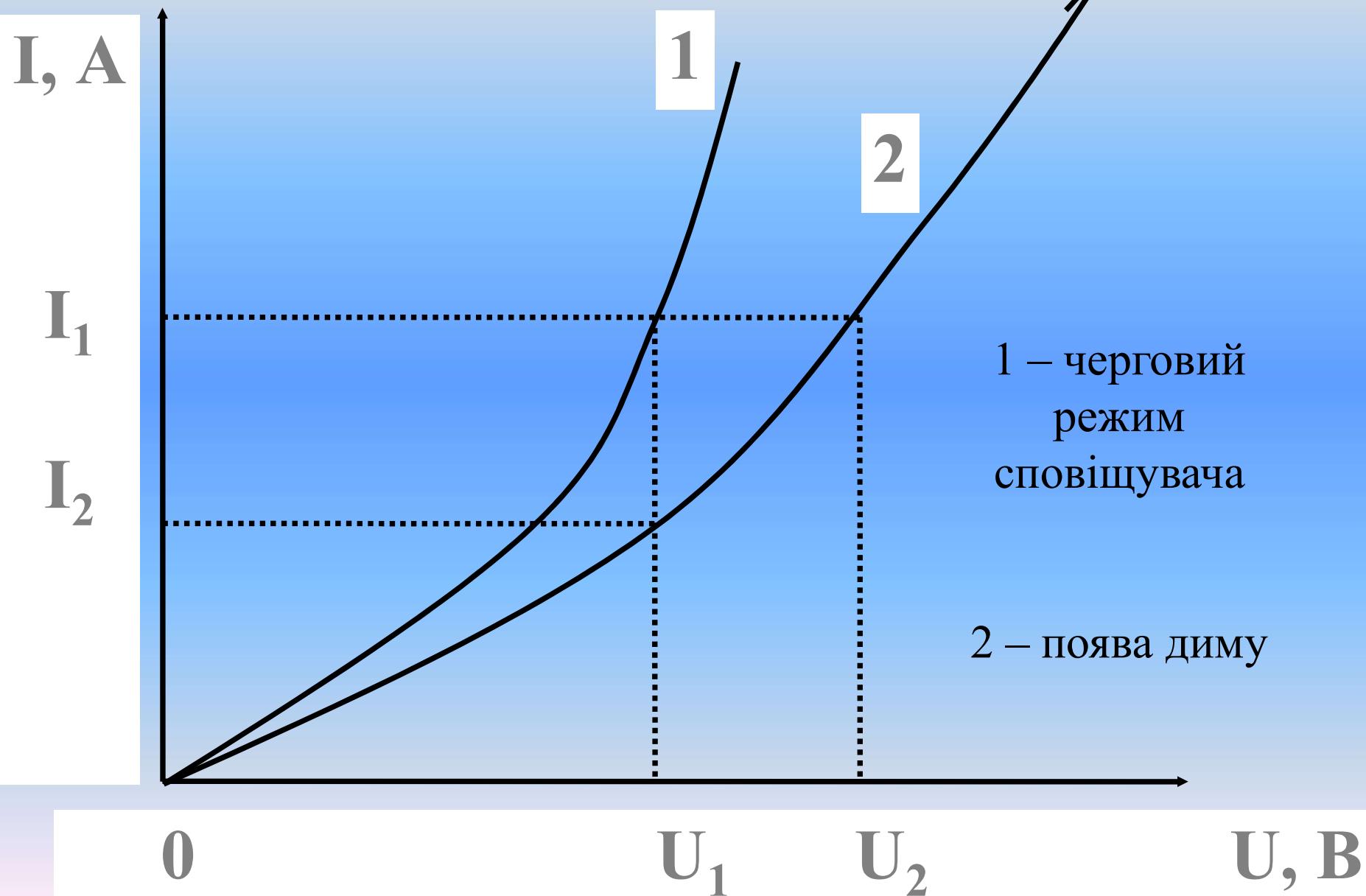
Устрій сповіщувача РИД-1

*Потужність
випромінювання
на поверхні
0,3-0,5 мР/годину*

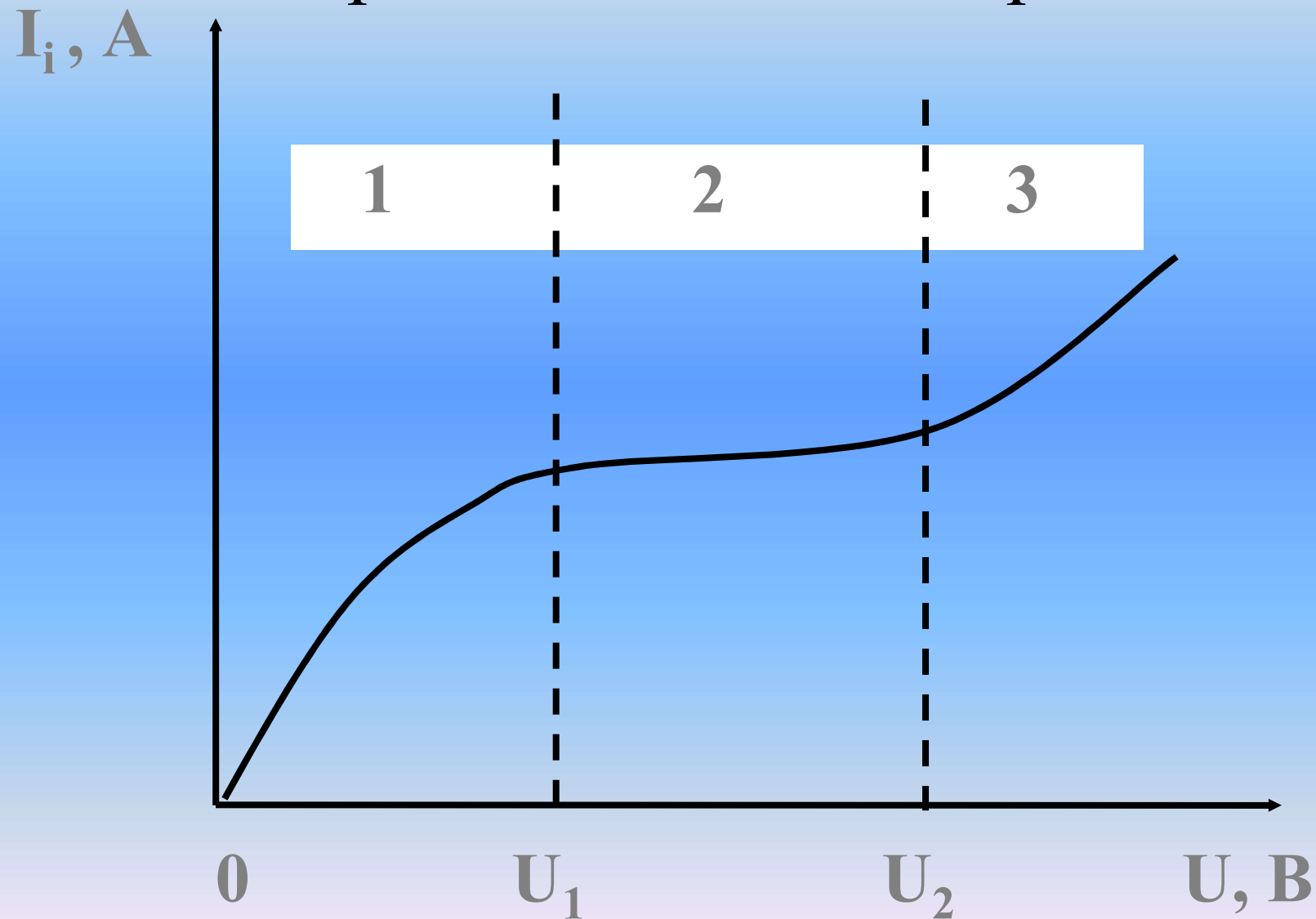


Висока чутливість α -іонізаційних камер до сторонніх домішок в повітрі дозволяє застосувати їх для **попередження** про виникнення пожежі ще **до появи** полум'я по продуктах сублімації горючих матеріалів і димів, що з'являються в повітрі.

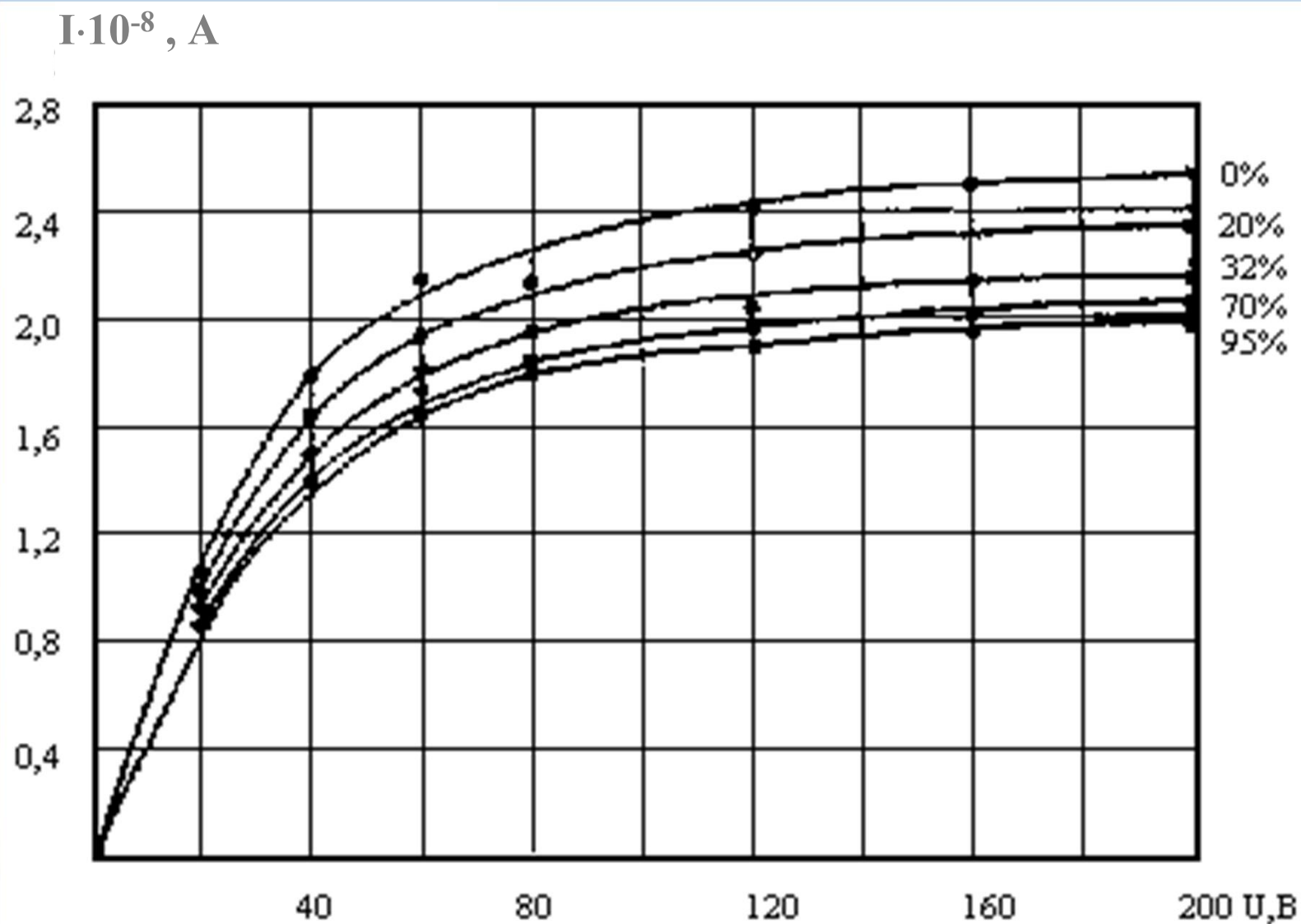
Способи виявлення аерозольних продуктів горіння за допомогою іонізаційної камери



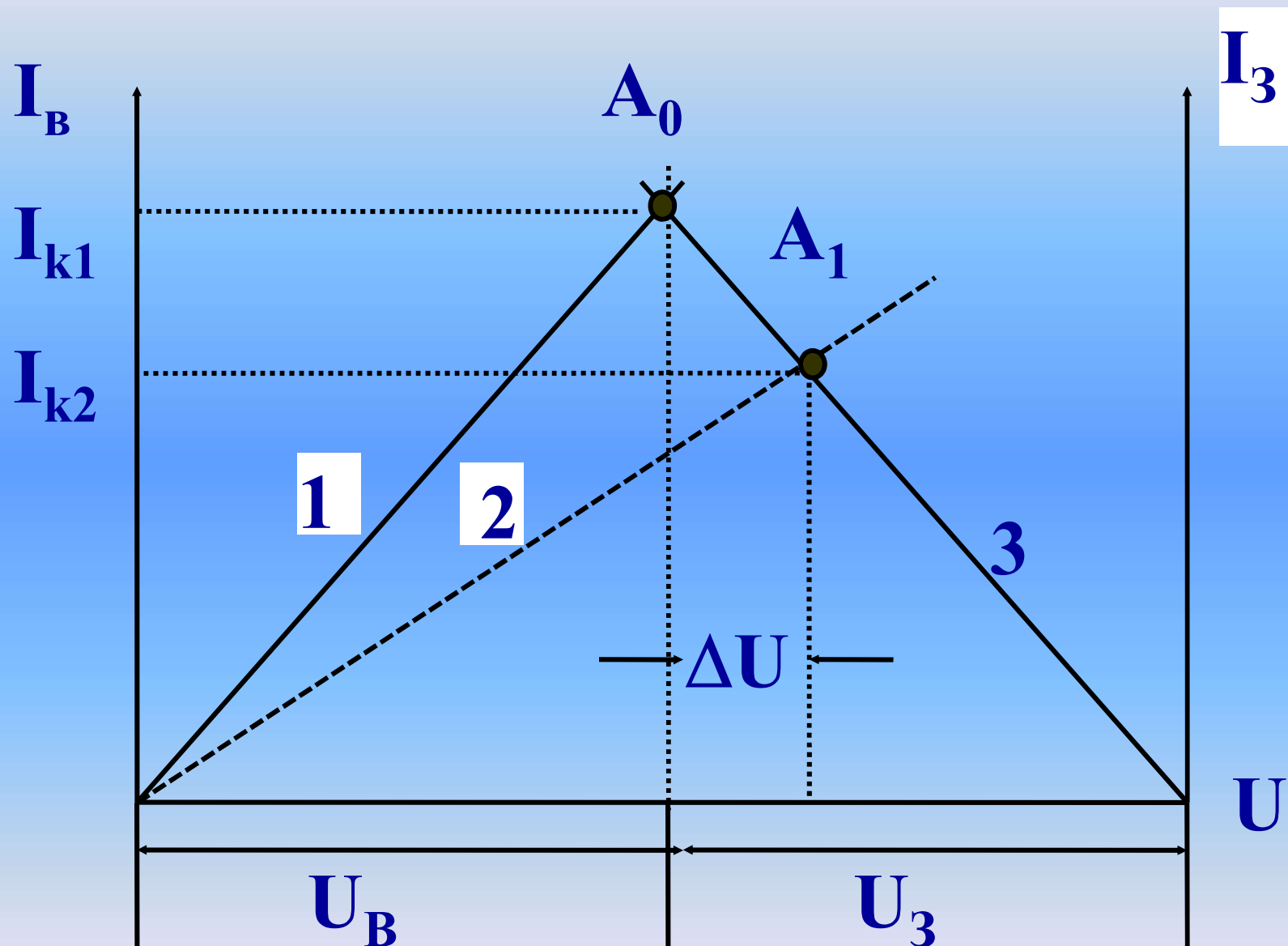
Вольт-амперна характеристика радіоізотопної камери



ВАХ радіоізотопної камери при зміні вологості повітря



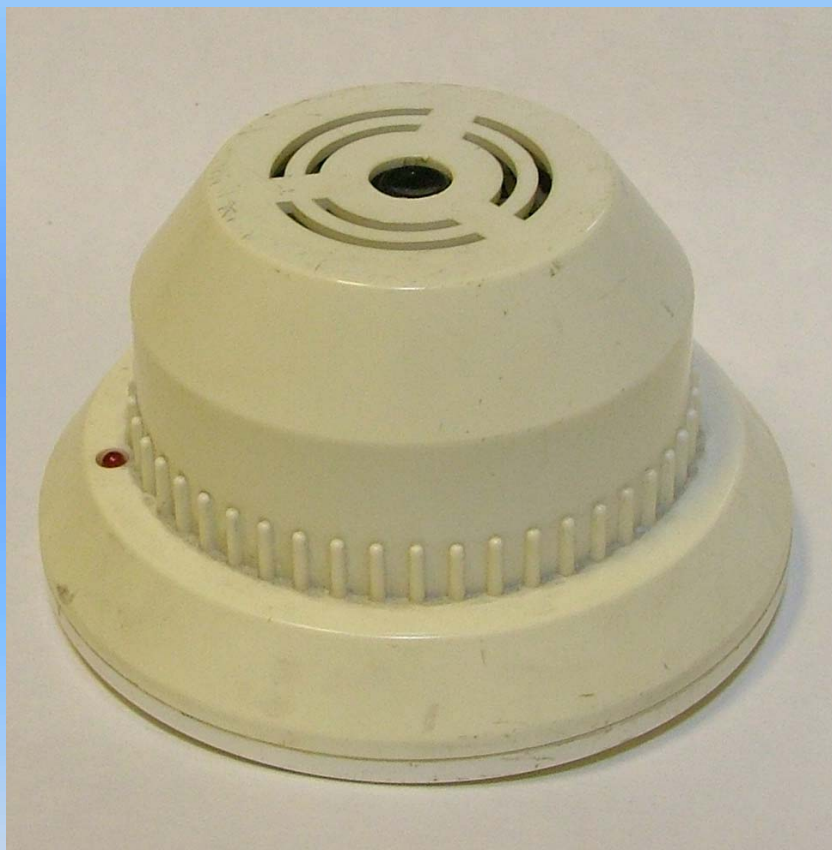
ВАХ двокамерного РДПС



РИД-1



РИД-6М



7

**ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ
ДО РІД СП**

Нормативні документи:

- **ГОСТ 22522-91** Извещатели радиоизотопные пожарные. Общие технические условия
- **НРБУ-97** Норми радіаційної безпеки України
- **ОСП-72/87** Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений
- **ДБН В.2.5-13-98** Пожежна автоматика будівель та споруд
- **Технічна документація**

До роботи **допускаються фахівці**, які мають **дозвіл** на виконання таких робіт від органів санітарного нагляду.

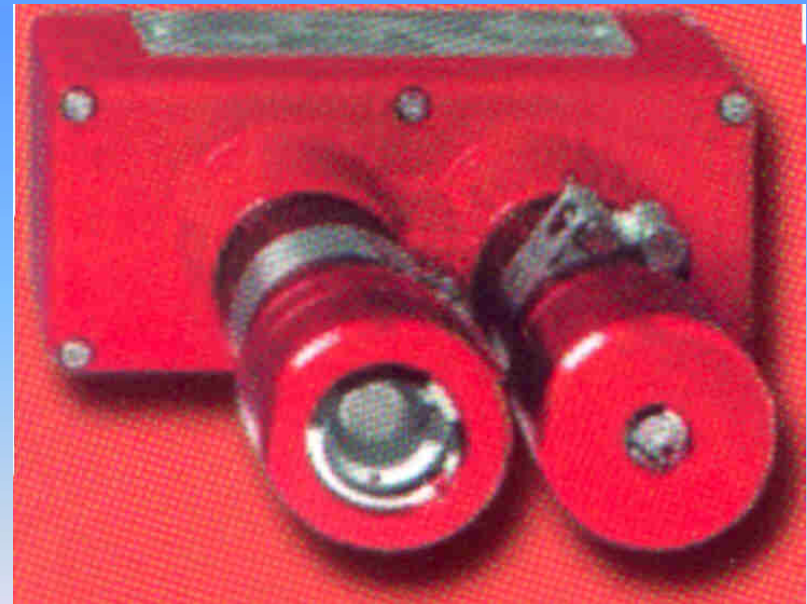
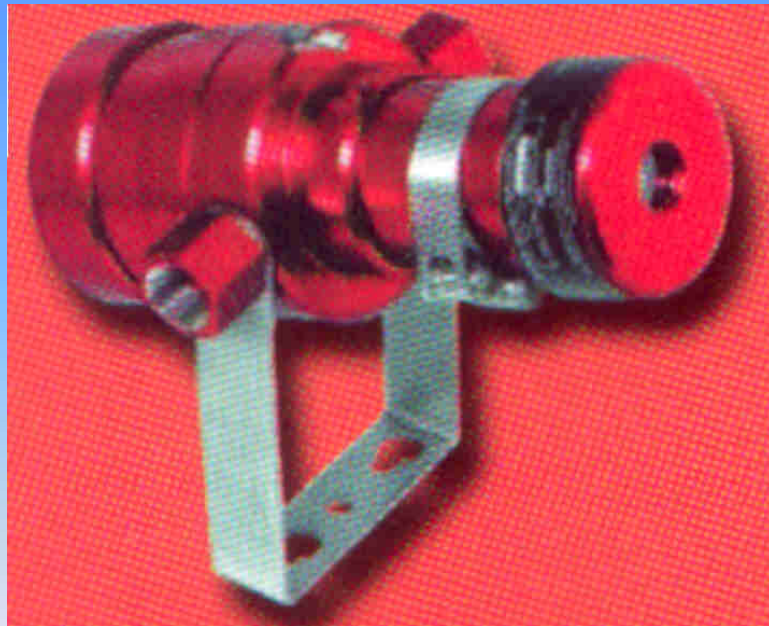
Всі операції з чутливим елементом повинні виконуватися в спеціально обладнаних приміщеннях.

Три методи захисту: час, відстань, екранування.
Використовуються в комплексі.

Основний захист -- екранування.

8

ПОЖЕЖНІ СПОВІЩУВАЧІ ПОЛУМ'Я



Інфрачервоне випромінювання – електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі: $2 \cdot 10^{-3} \text{ м} \div 8 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ (розташоване між діапазоном радіохвиль та діапазоном видимого світла).

Вперше експериментально досліджено у 1800 році англійським астрономом Вільямом Гершелем.

Джерело ІЧВ – електричні лампи накаливання, печі, батареї опалення.

До ультрафіолетового випромінювання відносять електромагнітне випромінювання в діапазоні довжини хвилі від $4 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-8} \text{ м}$.

Це випромінювання відкрите німецьким фізиком Йоганном Ріттером у 1801 р.

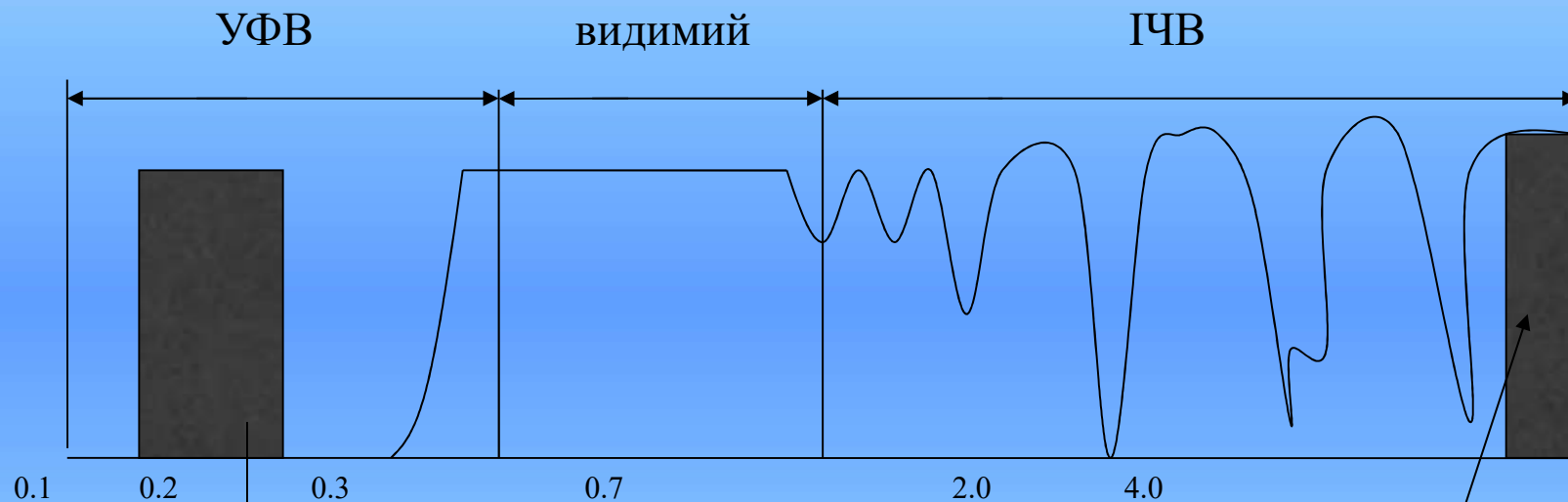
Джерело УФВ – сонячні промені, газорозрядні (кварцові) лампи.

Недоліки: СП полум'я сповіщувачів не реагує на тліючі пожежі або пожежі з сильним димоутворюванням, так як особливо ультрафіолетове випромінювання дуже сильно розсіюється, тобто вбирається дуже дрібними частками диму.

8.1

**Інфрачервоні сповіщувачі
полум'я**

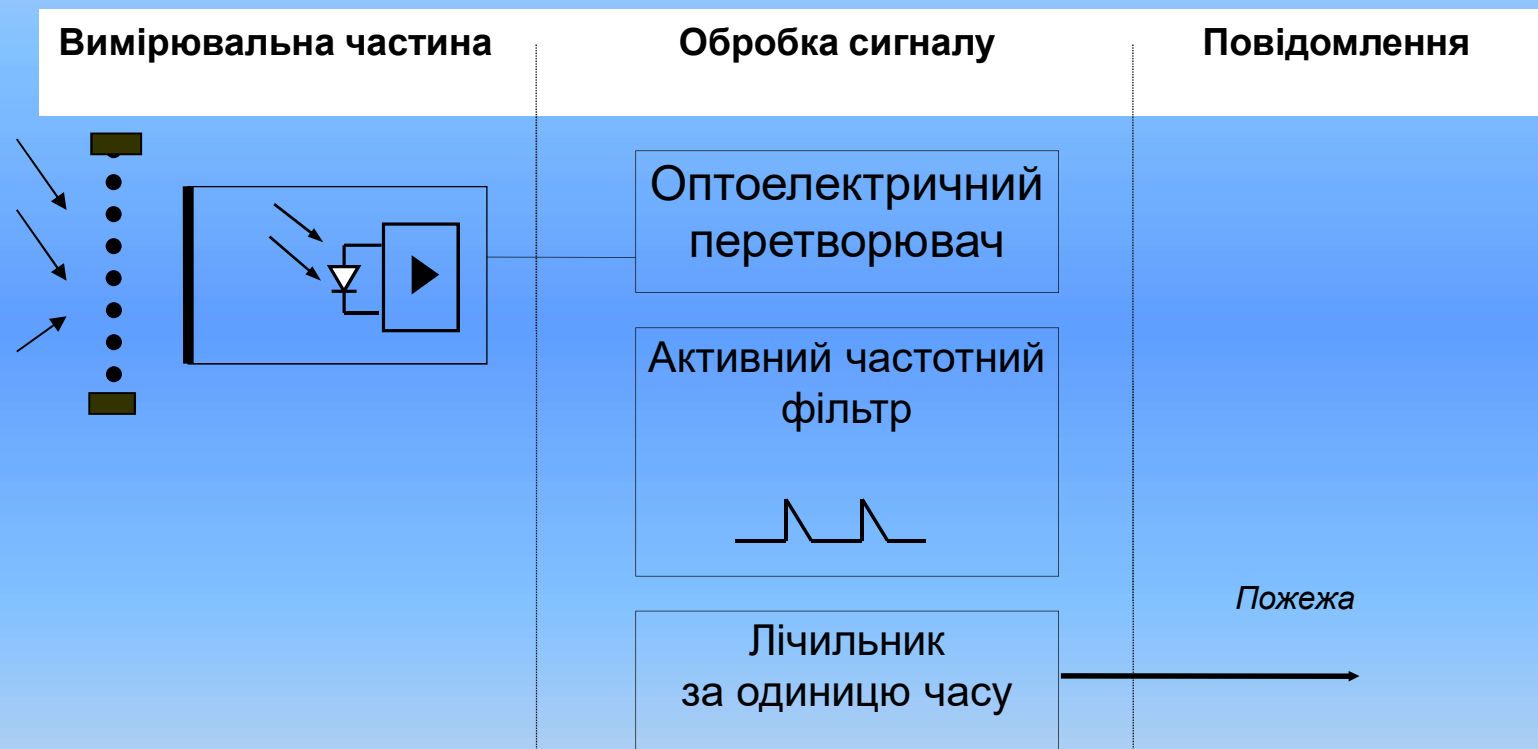
Спектральна чутливість сповіщувачів полум'я



Зона чутливості
УФ-сповіщувача
полум'я
0,185– 0,245 мкм

Зона чутливості
ІК-сповіщувача
полум'я
4,15 - 4,55 мкм

ІЧ сповіщувач полум'я реагує на певну інфрачервону частину світлового спектра, який найбільш характерний для відкритого полум'я.



Застосування: ІК-сповіщувачи можуть виявляти відкрите полум'я пожежі як з димоутворюванням, так і без нього. Вони встановлюються в тих місцях, де зберігаються або переробляються матеріали, що легко займаються.

Помилкові ознаки: У зоні виявлення ІК сповіщувача забороняється розташовувати пристрої розжарювання та нагрівальні прилади.

8.2

**Ультрафіолетові
сповіщувачі полум'я**

Принцип функціонування: УФ-сповіщувач полум'я реагує на певну ультрафіолетову частину світлового спектра. Дана частина електромагнітного випромінювання присутня також і в спектрі полум'я. Однак саме ця частина сонячного світу, який попадає на землю, відфільтровується земною атмосферою. Завдяки цьому сповіщувачи не реагують на звичайне денне світло.

Фотоелектрична газорозрядний трубка з холодним катодом (на зразок лічильника Гейгера-Мюллера) реагує на УФ-випромінювання в межах вузької зони спектра (185nm - 235nm).

Помилкові ознаки:

- робота газо- і електрозварки;
- ртутні або газорозрядні лампи;
- фотоспалах;
- рентгенівське- і гамма випромінювання

можуть - навіть на великій відстані спричинити помилкове спрацювання сповіщувача.

Перешкоди:

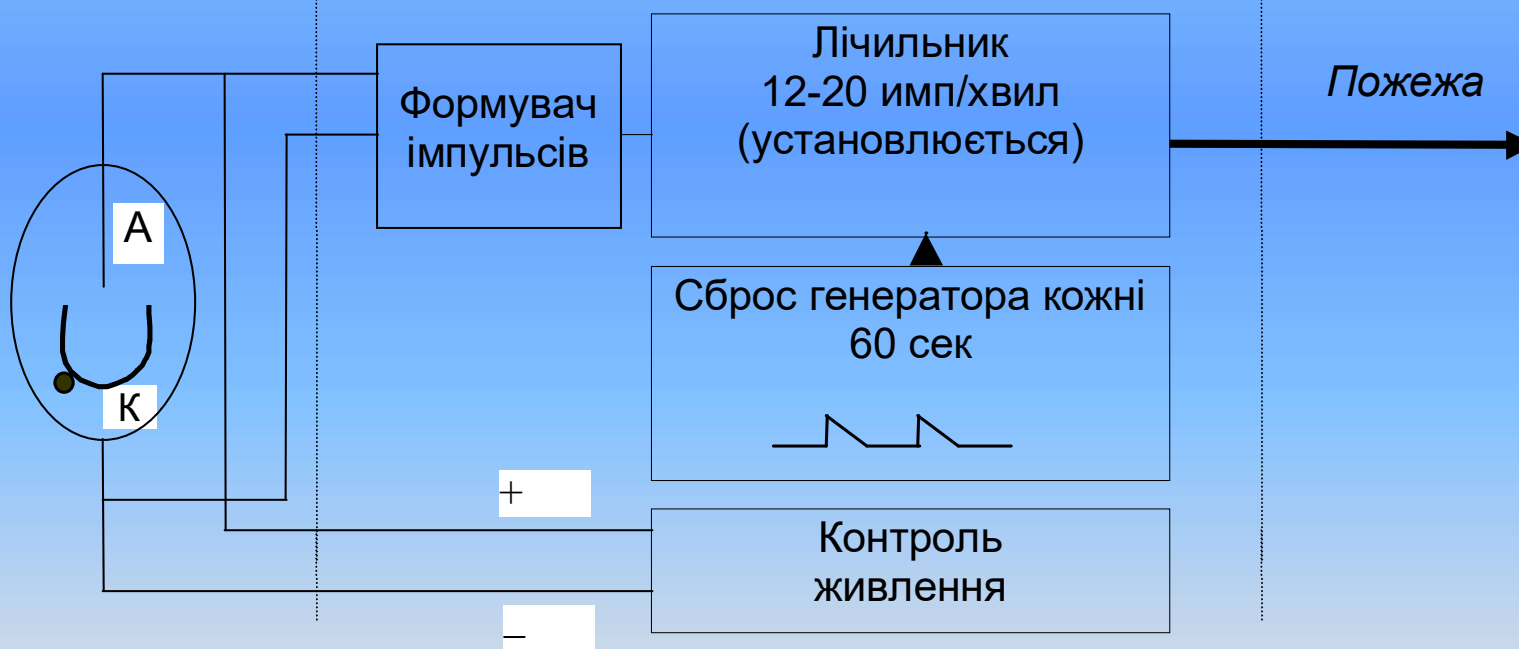
Густий дим, пил або водяна пара на території, що контролюється сповіщувачом можуть перешкоджати проходженню УФ-випромінювання. Крім того, різне нашарування на поверхні сповіщувача (ацетон, сажа, бруд, жир і т.інш.) перешкоджають попаданню УФ-випромінювання на сповіщувач і погіршують його функціонування.

СТРУКТУРНА СХЕМА УФ СПОВІЩУВАЧА ПОЛУМ'Я

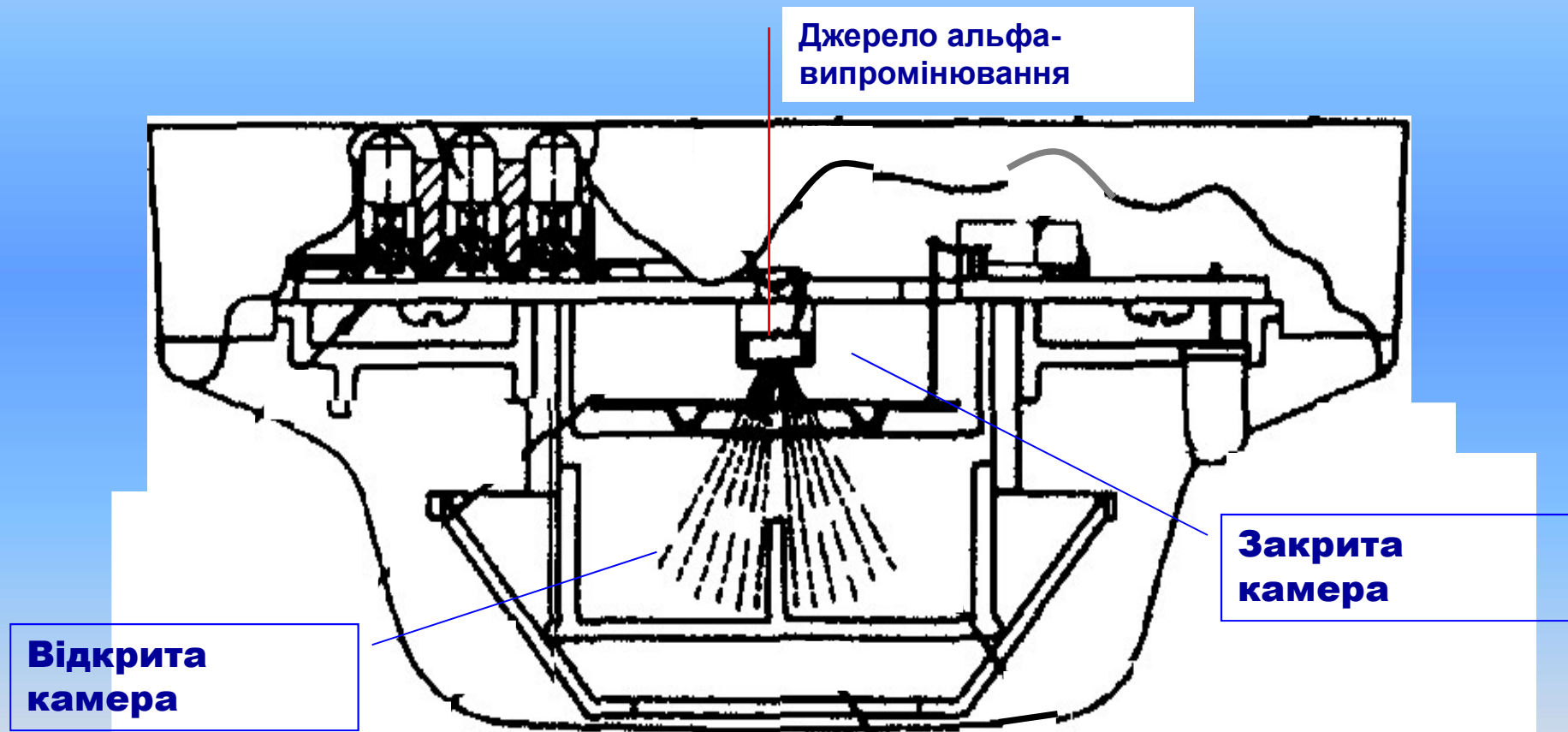
Вимірювальна частина

Обробка сигналу

Повідомлення



Сповіщувач ХР95 «Аpollo»



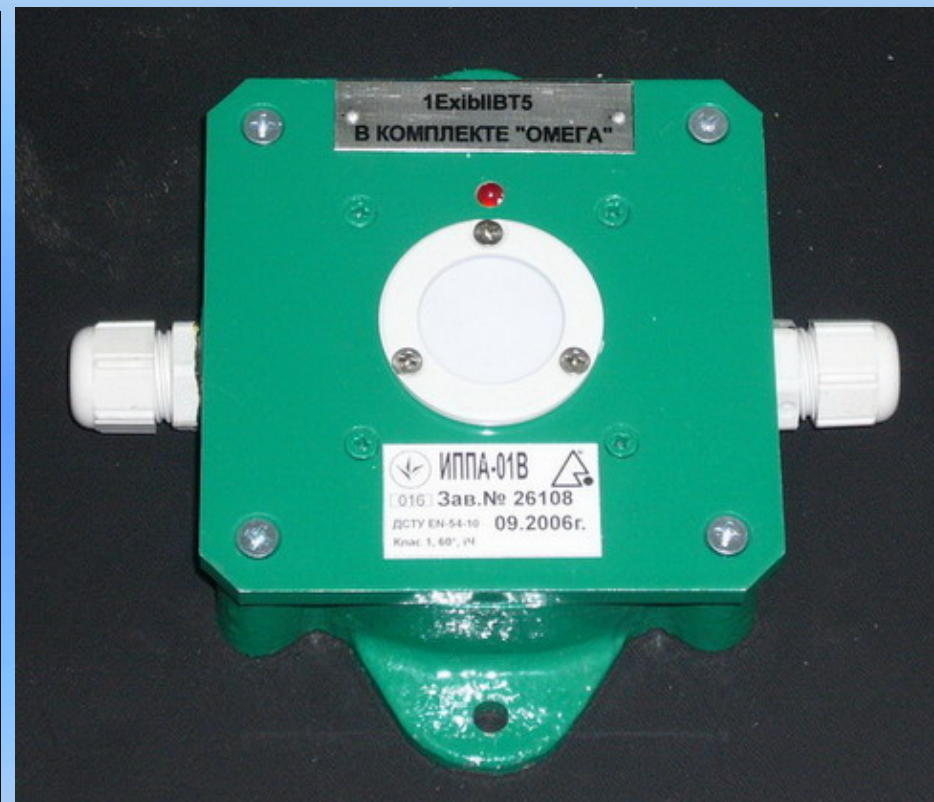
СИ-1



ИППА



ИППА-01



ИП-329-2 „АМЕТИСТ”



ИП 329/330



ДУЗ-4



Завдання на самопідготовку:

- Системи пожежної та охоронної сигналізації. Бондаренко С.М., Христич В.В., Дерев'янка О.А., Антошкін О.А. Конспект лекцій. Харків: УЦЗУ, 2008.- 14-51 с. URL:
<http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/407>