

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Запорізький національний технічний університет

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до лабораторного заняття *«Дослідження захисних властивостей різних матеріалів, що використовуються для захисту від дії іонізуючого випромінювання»* з дисципліни *«Цивільний захист і охорона праці в галузі»* для студентів усіх спеціальностей будь-якої форми навчання

Методичні вказівки до лабораторного заняття «Дослідження захисних властивостей різних матеріалів, що використовуються для захисту від дії іонізуючого випромінювання» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» для усіх спеціальностей будь-якої форми навчання. Укл.: М.О. Журавель, С.М. Журавель - Запоріжжя: ЗНТУ, 2017 р. 23 с.

Укладачі: М.О. Журавель, ст. викл.  
С.М. Журавель, ст. викл.

Рецензент: О.Б. Курков, ст. викл.

Відповідальний за випуск: М.О. Журавель, ст. викл.

Затверджено  
на засіданні кафедри «Охорони праці і  
навколишнього середовища»  
Протокол №            від            2017

Рекомендовано до видання  
НМК Інженерно-фізичного факультету  
Протокол №            від            2017

## 1. МЕТА ЗАНЯТТЯ

- ознайомитися з небезпекою іонізуючих випромінювань, їх нормуванням і методами вимірювання;
- вимірити потужність  $\beta$  та  $\gamma$  випромінювань;
- розрахувати лінійні коефіцієнти ослаблення випромінювання та товщину захисного екрану;
- зробити висновки.

## 2. ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Іонізуючим випромінюванням називають будь яке випромінювання що прямо або посередньо викликає іонізацію оточуючого середовища (утворення позитивно та негативно заряджених іонів).

### 2.1 Види іонізуючих випромінювань

Альфа-випромінювання - корпускулярне іонізуюче випромінювання, яке складається з альфа-часток (ядер атомів гелію), що випромінюються при радіоактивному розпаді чи при ядерних реакціях і перетвореннях.

Альфа-частки мають відносно велику масу, швидко втрачають енергію при взаємодії із середовищем (речовиною) тому мають низку проникаючу здатність та високу питому іонізацію (високу іонізуючу здатність опромінення).

Бета-випромінювання - корпускулярне електронне або позитивно іонізуюче випромінювання з безперервним енергетичним спектром, що виникає при перетвореннях ядер чи нестабільних часток (наприклад, нейтронів). Характеризується граничною енергією спектру  $E_{\beta}$ , чи середньою енергією спектру.

Іонізуюча здатність бета-часток менша ніж альфа-часток в той же час вони мають більшу проникаючу здатність.

Гама-випромінювання - короткохвильне електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі  $< 0,1 \text{ нм}$ , що виникає при розпаді радіоактивних ядер, переході ядер із збудженого стану в основний, при взаємодії швидких заряджених часток з речовиною.

Гама-випромінювання може іонізувати різні речовини, а також характеризується великою проникаючою здатністю. Воно здатне проникати крізь велику товщу речовини (вільно проходить через тіло людини та інші матеріали без помітного ослаблення).

Рентгенівське випромінювання - електромагнітне випромінювання високої частоти та з короткою довжиною хвилі, яке виникає при бомбардуванні речовини потоком електронів. Важлива властивість рентгенівського випромінювання - його велика проникаюча здатність. Рентгенівські промені можуть виникати в рентгенівських трубках, електронних мікроскопах, потужних генераторах, випрямляючих лампах, електронно-променевих трубках тощо.

Нейтронне випромінювання - потік нейтральних часток, які вилітають з ядер атомів при деяких ядерних реакціях як правило при поділенні ядер урана та плутонію. Відмінна риса нейтронного випромінювання - здатність перетворювати атоми стабільних елементів в радіоактивні ізотопи, що різко підвищує небезпеку нейтронного опромінення.

Альфа-, бета-частки та нейтронне випромінювання мають корпускулярну природу (потік часток), а гамма та рентгенівське випромінювання - хвильову природу (електромагнітні хвилі).

Джерела іонізуючого випромінювання широко застосовують для дефектоскопії металів, контролю якості зварних швів, в контрольно-вимірювальних приладах (рівнеміри), для боротьби зі статичною електрикою, а також в атомній енергетиці, медицині тощо.

Контакт з іонізуючим випромінюванням представляє серйозну загрозу для людини. Для зниження цієї загрози до припустимих рівнів потрібно застосування спеціальних технічних засобів та організаційних заходів.

Нормування іонізуючого випромінювання здійснюється відповідно НРБУ-97/Д-2000 «Норм радіаційної безпеки України».

## **2.2 Одиниці активності та дози іонізуючих випромінювань**

Активність (A) радіоактивної речовини - це число спонтанних (мимовільних) ядерних перетворень ( $dN$ ) в одиницю часу ( $dt$ )

(швидкість перетворення):

$$A = dN/dt$$

Одиниця активності в системі СІ - бекерель (*Бк*). 1*Бк* дорівнює одному ядерному перетворенню за секунду.

Позасистемна одиниця вимірювання активності - кюрі (*Ki*):

$$1Ki = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк.}$$

Експозиційна доза (*X*) - це відношення повного заряду (*dQ*) іонів одного знака, що виникають в сухому атмосферному повітрі малого об'єму, до маси повітря (*dm*) в цьому об'ємі:

$$X = dQ/dm$$

Одиниця вимірювання експозиційної дози в системі СІ - кулон на кілограм (*Кл/кг*).

Позасистемна одиниця виміру - рентген (*P*):

$$1P = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг.}$$

Експозиційна доза характеризує потенційну небезпеку радіації при загальному та рівномірному опромінюванні тіла людини.

Біологічна дія іонізуючих випромінювань на організм людини, залежить від поглиненої енергії випромінювання.

Поглинена доза випромінювання (*D*) - це відношення середньої енергії (*dE*), що передається випромінюванням речовині в деякому елементарному об'ємі, до маси речовини (*dm*) в цьому об'ємі:

$$D = dE/dm$$

Одиниця виміру поглиненої дози в системі СІ - грей (*Гр*).

Позасистемна одиниця виміру - рад.

$$1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ рад}$$

Величина поглинутої дози залежить не тільки від властивостей випромінювання, але й від властивостей поглинаючої речовини. Однакова доза різних видів опромінення викликає в живому організмі різні біологічні дії. Для обліку впливу на різні органи організму людини різноманітних видів випромінювання вводять поняття «еквівалентна» та «ефективна» дози.

Еквівалентна доза (H) - це поглинена доза в органі або тканині, помножена на відповідний коефіцієнт якості для даного виду випромінювання,  $W$ :

$$H = D \cdot W,$$

де  $D$  - середня поглинута доза випромінювання в органі або тканині;  $W$  - коефіцієнт якості для випромінювання, який приймається для:

- фотонів будь-яких енергій - 1;
- електронів будь-яких енергій - 1;
- нейтронів енергій менше 10 кеВ - 5;
- нейтронів енергій 10-100 кеВ - 10;
- нейтронів енергій 100-2000 кеВ - 20;
- нейтронів енергій 2-20 МеВ - 10;
- нейтронів енергій > 20 МкеВ - 5;
- альфа-частки, осколки розподілу тяжких ядер - 20

Ефективна доза (E) - це величина, яка використовується як міра ризику виникнення віддалених наслідків опромінення всього тіла людини та окремих його органів з розрахунком їх радіочутливості. Вона представляє собою добуток еквівалентної дози в органі ( $H$ ) на відповідний коефіцієнт для даного органа або тканини ( $W_T$ ):

$$E = H \cdot W_T,$$

де  $H$  - еквівалентна поглинена доза в тканині;  $W_T$  - коефіцієнт якості для тканини, який приймається для:

- гонад (статевих залоз) - 0,20;
- кісткового мозку (червоного), легенів та шлунка - 0,12;
- печінки, грудної та щитовидної залози, сечового міхура - 0,05;
- шкіри та кліток кісткової тканини - 0,01;
- інших органів та тканин - 0,05.

Одиниця виміру еквівалентної та ефективної дози в системі СІ - зіверт (Зв).

Позасистемна одиниця (біологічний еквівалент *рада*) - бер.

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер} = 1 \text{ Дж/кг}$$

### 2.3 Біологічний вплив іонізуючих випромінювань

Існує два види впливу радіоактивних часток на живі об'єкти: зовнішнє випромінювання та внутрішнє (з повітрям, яке вдихає людина, їжею, проникненням через шкіру). Причини дії випромінювання на живі організми:

1. Розрив молекулярних зв'язків та зміна хімічної структури різноманітних з'єднань при іонізації живої тканини, що призводить до гибелі клітин;

2. Гальмування роботи кровотворних органів;

3. Радіоліз води, яка складає приблизно 70 % маси тканини, з утворенням вільних радикалів, а також сильних окислювачів - гідропероксиду та пероксиду водню.

Продукти радіолізу достатньо активні. Вони вступають в хімічні реакції з молекулами тканин та, утворюючи нові з'єднання, руйнують клітини. Зміни складу окремих молекул клітини та їх гибель виводять з ладу сотні й тисячі інших молекул клітини що загинула, не дивлячись на те, що вони не підлягали опромінюванню. Ця велика, багатократна уражаюча здатність є особливістю впливу іонізуючого випромінювання на біологічні об'єкти.

Іонізуюча радіація при впливі на організм людини може визвати два види ефектів, які клінічна медицина називає хворобами: детерміновані (певні) порогові ефекти (променева хвороба, променевий опік, променева катаракта, променеве безпліддя, аномалії в розвитку плоду) та стохастичні (імовірнісні) безпорогові ефекти (злоякісні пухлини, лейкози, спадкоємні захворювання тощо).

При впливі на людину великих доз іонізуючого випромінювання можливе виникнення променевої хвороби в гострій або хронічній формі.

Гостра променева хвороба виникає при впливі на людину великих доз випромінювання за короткий проміжок часу та має три стадії:

- 1-ша стадія (доза опромінення 1-2 Зв, скритий період 2-3 тижня) супроводжується симптомами, які характерні й для інших захворювань: слабкість, головні болі, порушення сну. Виключення опромінення та відповідне лікування дозволяють повністю відновити

здоров'я;

- 2-га стадія (доза опромінення 2-3 Зв, скритий період - один тиждень) характеризується посиленням хворобливих відчуттів, появою сильних болів в області серця, живота, нудоти, печії, кровотечі з носу, ясен, поразкою слизових оболонок носу та роту. Строк лікування 1,5-2 місяці.

- 3-тя стадія (доза опромінення 3-5 Зв) характеризується незворотними змінами в організмі людини через 3-7 годин та навіть летальним результатом.

Доза більше 5 Зв є смертельною.

Хронічна форма променевої хвороби розвивається при систематичному опроміненні дозами, перевищуючими гранично допустимі.

Радіонукліди, що попали в організм людини з повітрям, їжею, через шкіру, викликають зміну складу крові, ураження печінки, селезінки, щитовидної залози. Накопичуючись в кісткових тканинах, вони призводять до її переродження, змін в суглобах та атрофії фаланг. Результат їх дії на органи дихання - виникнення бронхопневмонії, рака легенів та бронхів. При впливі на шкіру починається сверблячка та печіння, потім відбувається випадання волосся, з'являються мокнучі виразки та в результаті виникає рак шкіри. Наслідки опромінення - лейкемія, злоякісні пухлини, промєнева катаракта, каліцтво, мертвонародження, прискорення старіння.

## 2.4 Нормування іонізуючих випромінювань

НРБУ-97/Д-2000 «Норм радіаційної безпеки України» (далі НРБУ-97/Д-2000) є основним державним документом, що встановлює систему радіаційно-гігієнічних регламентів для забезпечення прийнятних рівнів опромінення як для окремої людини, так і суспільства взагалі.

Метою НРБУ-97/Д-2000 є вивчення основних вимог до:

- охорони здоров'я людини від можливої шкоди, що пов'язана з опроміненням від джерел іонізуючого випромінювання;
- безпечної експлуатації джерел іонізуючого випромінювання;



- охорони навколишнього середовища.

НРБУ-97/Д-2000 встановлює два принципово відмінні підходи до забезпечення *протирадіаційного захисту*:

- при всіх видах *практичної діяльності* в умовах нормальної експлуатації *індустріальних* та медичних *джерел іонізуючого випромінювання*;

- при *втручанні*, що пов'язано з опромінюванням населення в умовах *аварійного опромінення*, а також при *хронічному опромінюванні* за рахунок *техногенно-підсиленних джерел природного походження*.

Нормами радіаційної безпеки встановлюються такі категорії осіб, які зазнають опромінювання:

- Категорія А (персонал) - особи, які постійно чи тимчасово працюють безпосередньо з джерелами іонізуючих випромінювань.

- Категорія Б (персонал) - особи, які безпосередньо не зайняті роботою з джерелами іонізуючих випромінювань, але в зв'язку з розташуванням робочих місць в приміщеннях та на промислових майданчиках об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями можуть отримувати додаткове опромінення.

Категорія В - все населення.

Таблиця 2.1 - Ліміти дози опромінення ( $mZv \cdot рік^{-1}$ )

	Категорія осіб, які зазнають опромінення		
	А <sup>а)б)</sup>	Б <sup>а)</sup>	В <sup>а)</sup>
$ЛД_E$ (ліміт ефективної дози)	20 <sup>б)</sup>	2	1
Ліміти еквівалентної дози зовнішнього опромінення:			
- $ЛД_{lens}$ (для кришталика ока)	150	15	15
- $ЛД_{skin}$ (для шкіри)	500	50	50
- $ЛД_{extrim}$ (для кистей та стіп)	500	50	

Умовні позначення, основні терміни та поняття:

-  $ЛД_E$  - ліміт ефективної дози;

-  $ЛД_{lens}$  - ліміт еквівалентної дози зовнішнього опромінення кришталика ока;

-  $ЛД_{skin}$  - ліміт еквівалентної дози зовнішнього опромінення шкіри;

-  $ЛД_{extrim}$  - ліміт еквівалентної дози зовнішнього опромінення кистей та стіп.

Примітки:

а) Розподіл дози опромінення протягом календарного року не регламентується;

б) Для жінок дітородного віку (до 45 років) та для вагітних жінок діють обмеження:

- для вагітних жінок на виробництві (категорії «А», «Б») встановлені величини допустимого рівня (ДР) в 20 раз нижчі, ніж відповідних ДР категорії «А»;

- для жінок дітородного віку (до 45 років), які віднесені до категорії «А» вводиться додаткове обмеження опромінення: середня еквівалентна доза зовнішнього локального опромінення (зародку та плоду) за будь-які 2 послідовні місяці не повинна перевищувати 1 мЗв. При цьому за весь період вагітності ця доза не повинна перевищувати 2 мЗв, а ліміт річного надходження для вагітних встановлюється на рівні 1/20 допустимого надходження ( $ДН$ )<sub>A</sub>;

- жінка, яка віднесена до персоналу категорії «А», у якій діагностовано вагітність, повідомляє адміністрацію установи. Повідомлення про вагітність не може бути причиною усунення від роботи. Адміністрація установи повинна створити умови роботи по відношенню до професійного опромінення у відповідності з вищезазначеними положеннями.

в) В середньому за будь-які послідовні 5 років, але не більше 50 мЗв за окремий рік ( $ЛД_{max}$  - максимальний ліміт дози за календарний рік).

Для персоналу (категорії «Б») індивідуальна річна ефективна доза не повинна перевищувати значення ліміту дози (ЛД) для даної категорії (таблиця 1). Для категорії «Б» річне надходження радіонуклідів через органи дихання, концентрації у повітрі та потужність дози не повинні перевищувати відповідні допустимі рівні для категорії «Б». Для осіб категорії «Б» допустимий рівень (ДР) радіаційного забруднення шкіри, особистого одягу та робочих

поверхонь встановлюється на рівні 1/10 відповідних значень для категорії «А». Для робіт з ліквідації наслідків промислової радіаційної аварії залучається лише основний персонал з числа робітників об'єкту, а також професійно підготовлені робітники аварійних бригад.

Аварійний персонал повинен бути постійно проінформований про вже отримані та можливі дози опромінення і можливу шкоду для здоров'я. При цьому мають бути застосовані усі заходи для того, щоб величина сумарного опромінення не перевищувала 100 мЗв (подвоєне значення максимального ліміту ефективної дози професійного опромінення за один рік,  $ЛД_{max}$ ).

При здійсненні заходів, в яких доза може перевищувати максимальний ліміт дози ( $ЛД_{max}$ ), особи з числа аварійного персоналу, які виконують ці роботи, мають бути добровольцями, які пройшли медичне обстеження.

У виключних випадках, коли роботи виконуються з метою збереження життя людей, мають бути застосовані усі можливі заходи для того, щоб особи з числа аварійного персоналу, які виконують ці роботи, не могли отримати еквівалентну дозу на будь-який з органів (включаючи рівномірне опромінення всього тіла) більше 500 мЗв.

При проведенні профілактичного обстеження населення річна ефективна доза не повинна перевищувати 1 мЗв.

Особи, які добровільно надають допомогу пацієнтам при проведенні діагностичних та терапевтичних процедур, не повинні зазнавати опромінення у дозах більше 5 мЗв · рік<sup>-1</sup>.

## 2.5 Захист від іонізуючих випромінювань

При використанні радіоактивних ізотопів в промисловому виробництві для різних радіологічних досліджень, як правило ми маємо справу із точковими джерелами радіоактивного випромінювання. Тому розглянемо методику розрахунку захисних екранів саме для цих джерел випромінювання.

Ослаблення потоку випромінювань від точкового джерела відбувається по експоненціальному закону

$$P_{Hd} = P_{Ho} \cdot e^{-K_{Л} \cdot d} \quad (2.1)$$

де  $P_{Ho}$  - інтенсивність випромінювання, що виміряна приладом

при відсутності захисного екрану;

$P_{Hd}$  - інтенсивність випромінювання, що виміряна приладом, при наявності захисного екрану товщиною  $d$  см;

$K_L$  - лінійний коефіцієнт ослаблення, який характеризує відносна зміна інтенсивності на одиницю товщини поглинання.

$e = 2,71828$  - основа натурального логарифма.

Використовуючи закон ослаблення випромінювання у вузькому пучку, можна визначити лінійні коефіцієнти ослаблення в різних поглиначих.

Логарифмуючи рівняння (2.1) і перетворивши його, отримуємо формулу (2.2) для визначення  $K_L$ :

$$\ln P_{Ho} - \ln P_{Hd} = K_L \cdot d; \quad K_L = \frac{\ln P_{Ho} - \ln P_{Hd}}{d}; \quad K_L = \frac{\ln \frac{P_{Ho}}{P_{Hd}}}{d}. \quad (2.2)$$

Практично величину лінійного коефіцієнта  $K_L$  визначають по графіку, де на осі ординат відкладають величину інтенсивності джерела випромінювання, а на осі абсцис - товщину поглиначи.

Крім лінійного коефіцієнта ослаблення,  $K_L$ , запроваджується так званий масовий коефіцієнт ослаблення випромінювання.

$$K_T = \frac{K_L}{\rho}, \quad (2.3)$$

де  $\rho$  - щільність речовини.

Масовий коефіцієнт ослаблення характеризує поглинання випромінювання одиницею маси речовини.

Знаючи величину лінійних коефіцієнтів ослаблення  $K_L$ , можна розрахувати необхідну товщину захисного екрану  $d$  (із того ж матеріалу) для зниження інтенсивності потоку випромінювання до заданого значення  $P_{Hd} = P_{Hx}$ .

$$d = \frac{\ln \frac{P_{Ho}}{P_{Hx}}}{K_L} \quad (2.4)$$

Із виразу (2.4), можна також розрахувати необхідну товщину захисного екрану (шару половинного поглинання -  $d_{0,5}$ ) для зниження інтенсивності потоку випромінювань вдвічі.

$$d_{0,5} = \frac{\ln 2}{K_{\mathcal{L}}} = \frac{0,693}{K_{\mathcal{L}}} \text{ см.} \quad (2.5)$$

Аналогічно визначають шар десятиразового ослаблення -  $d_{0,1}$

$$d_{0,1} = \frac{\ln 10}{K_{\mathcal{L}}} = \frac{2,3}{K_{\mathcal{L}}} \text{ см.} \quad (2.6)$$

Число шарів половинного ослаблення ( $N_{0,5}$ ), необхідне для ослаблення потоку випромінювання в  $K$  раз, визначають за формулою 2.7:

$$N_{0,5} = 3,32 \lg K \quad (2.7)$$

Число шарів десятиразового ослаблення ( $N_{0,1}$ ), для ослаблення потоку випромінювання в  $K$  раз, визначають за формулою 2.8:

$$N_{0,1} = \lg K \quad (2.8)$$

### 3. ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ЛАБОРАТОРНОГО ЗАНЯТТЯ

В процесі виконання лабораторного заняття студенти повинні:

- ознайомитися з видами іонізуючих випромінювань, одиницями активності і дозами іонізуючих випромінювань, їх біологічною дією на людину, нормуванням іонізуючих випромінювань;
- провести виміри іонізуючих випромінювань та порівняти їх з нормативними;
- зробити висновки та написати звіт.

### 4. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке іонізуюче випромінювання ?
2. Які види іонізуючих випромінювань Вам відомі ?
3. Одиниці виміру іонізуючих випромінювань.
4. Активність дози (експозиційна, поглинена, еквівалентна, ефективна доза), потужність доз.
5. Чім небезпечні іонізуючі випромінювання ?
6. Назвіть категорії осіб що опромінюються.
7. Які норми регламентують опромінення ?
8. Що таке основні дозові межі ?
9. Яка максимальна річна ефективна доза може бути отримана особою підчас проведення профілактичного обстеження ?
10. Які прилади використовувались в даній лабораторній роботі ?
11. Чи відповідають отримані значення бета- та гамма-випромінювання нормативним показникам ?

### 5. ОПИС ПРИЛАДУ

Лабораторне заняття виконується на базі вимірювача потужності дози ДП-5Б (рис. 5.1), призначеного для вимірювання потужності дози бета- і гамма-випромінювання.

Потужність дози випромінювання визначається в мілірентгенах або рентгенах за годину для тієї точки простору, в якій знаходиться при вимірюванні зонд. Діапазон вимірювань випромінювання - від

0,05 мР/год до 200 Р/год. Прилад має шість піддіапазонів вимірювань і звукову індикацію на всіх піддіапазонах, крім першого.

Показання приладу на 1-му піддіапазоні ведуть по його нижній шкалі в Р/год, а на 2-6-му піддіапазонах - по верхній в мР/год.

Основні частини приладу - вимірювальний пульт та зонд.

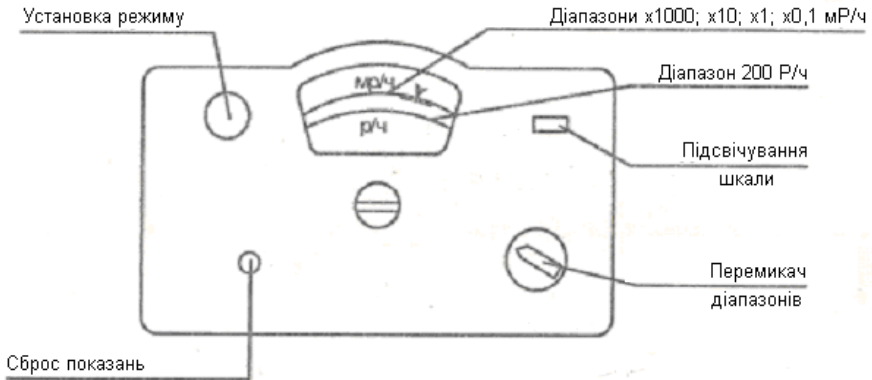


Рисунок 5.1 Панель приладу ДП-5Б

### 5.1 Підготовка приладу ДП-5Б до роботи

Для підготовки приладу до роботи слід:

- вийняти його із укладального ящика, відкрити кришку футляра, дістати зонд (блок детектування), та підключити джерело живлення;

- ввімкнути прилад, встановити перемикач піддіапазонів у положення «Режим»;

- за допомогою спеціального потенціометра «Режим» вручну встановити потрібну напругу, яка подається в схему приладу, при цьому стрілка на шкалі приладу повинна знаходитися проти відмітки в режимному (зафарбованому) секторі (в процесі вимірювань необхідно періодично переводити перемикач піддіапазонів у положення «Режим» і регулювати напругу);

- встановити перемикач піддіапазонів у положення «200» екран блоку детектування встановити у положення «Г» та натиснути кнопку «Сброс». Прилад готовий до роботи.

## 5.2 Перевірка працездатності ДП-5Б

Перевірка працездатності приладу проводиться за допомогою контрольних радіоактивних джерел у такій послідовності:

- підключити телефон;
- встановити екран зонда в положення «Б»;
- відкрити контрольне джерело на кришці футляру і встановити зонд опорними виступами проти джерела;
- послідовно встановити ручку перемикача піддіапазонів в положення  $\times 1000$ ,  $\times 100$ ,  $\times 10$ ,  $\times 1$ ,  $\times 0,1$  (при цьому стрілка приладу в положенні  $\times 1000$ ,  $\times 100$  не відхиляється, в положенні  $\times 10$  - відхиляється, а в положенні  $\times 1$ ,  $\times 0,1$  - повинна зашкалювати, потріскування в телефоні повинно бути відчутним на всіх піддіапазонах, окрім першого - 200);
- поставити ручку перемикача в позицію «Вимкнено»;
- натиснути кнопку «Сброс»;
- повернути екран зонду в позицію «Г» – прилад до роботи готовий.

## 5.3 Робота з приладом ДП-5Б

Для вимірювання загального гамма-фону:

- екран зонду в положенні «Г»;
- розташувати зонд на висоті 0,7-1 м від поверхні землі;
- виміри, почати з 1 піддіапазону - 200 *P/год*, послідовно переходячи на 2, 3, 4, 5 і 6 піддіапазони до одержання відхилення стрілки приладу в межах шкали.

Для визначення потужності дози  $\beta$ -випромінювання:

- встановити екран зонду у положення «Б»;
- розташувати зонд на висоті 0,5-1 см від поверхні яка досліджується (у лабораторному занятті зонд встановити опорними виступами на штатних упорах для контролю приладу відносно джерела випромінювання);
- виміри потужності дози сумарного бета-гамма-випромінювання почати з 1 піддіапазону - 200 *P/год*, послідовно переходячи на 2, 3,4,5 і 6 піддіапазони до одержання відхилення стрілки приладу в межах



шкали;

- розрахувати потужність дози  $\beta$ -випромінення, для чого, від значення дози сумарного бета-гамма-випромінення віднімаємо значення природного фону ( $P_{Hy}$ ), який для м. Запоріжжя складає 0,012 мР/год (при виконанні лабораторної роботи для визначення дози  $\beta$ -випромінення значення природного  $\gamma$ -фону вважати за нуль).

## 6. ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. До виконання лабораторного заняття допускаються студенти, які прослухали первинний інструктаж з техніки безпеки та пожежної безпеки при роботі у даній лабораторії.

2. Не починати виконання практичних питань, не ознайомившись з порядком їх виконання.

3. Не включати без дозволу викладача прилади та обладнання, які не мають відношення до виконання роботи, яка виконується.

4. Роботу з бета-джерелом виконувати під безпосереднім керівництвом викладача.

## 7. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЗАНЯТТЯ

Ознайомившись з приладом і отримавши вихідні дані, приступаємо до виконання завдання.

1. Виміряти приблизне значення потужність дози гамма-випромінювання (тобто гама-фон) в приміщенні лабораторії приладом ДП-5Б (рис. 5.1), заздалегідь закривши штатним захисним екраном джерело випромінювання, данні занести до таблиці 7.2.

(1 Р/год для бета-, гама- і рентгенівського випромінювання відповідає 1 Бер/год та 1 рад/год).

2. Виміряти дозу  $\beta$ -випромінювання контрольного джерела випромінювання приладу ДП-5Б без захисного екрану ( $P_{Ho}$ ) [на штатних упорах для контролю приладу відносно джерела випромінювання], данні занести до таблиці 7.2.

3. Між джерелом випромінювання та вимірвальним вікном встановити захисний екран (виданий викладачем) і виміряти дозу  $\beta$ -випромінювання за захисним екраном ( $P_{Ha}$ ), данні занести до таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 - Результати експериментальних вимірювань та розрахунків

Порядок вимірювань $\beta$ -випромінювання та $\gamma$ -фону	Потужність дози, $mP/год$		Лінійний коефіцієнт ослаблення, $K_L$	Товщина екрану, $см$
	без екрану $P_{Ho}$	за екраном $P_{Hd}$		
Екран №1				
Екран №2				
$\gamma$ -фон				

4. Розрахувати [використовуючи додаток А] лінійний коефіцієнт ослаблення  $K_L$  для  $\beta$ -випромінювання з екраном №1, за формулою (2.2) [або згідно графіку - додаток Б]:

$$K_L = \frac{\ln \frac{P_{Ho}}{P_{Hd}}}{d},$$

де  $P_{Hd}$  - потужність дози за екраном,  $mP/год$ ;  
 $P_{Ho}$  - потужність дози без екрану,  $mP/год$ ;  
 $K_L$  - лінійний коефіцієнт ослаблення;  
 $d$  - товщина екрану,  $см$ .

5. Розрахувати необхідну товщину захисного екрану №2 з того же матеріалу, що і екран №1, здатного забезпечити задане значення потужності еквівалентної дози  $\beta$ -випромінювання ( $P_{Hx} = 1,2 mP/год$ ), за формулою (2.4) [або згідно графіку - додаток Б]:

$$d = \frac{\ln \frac{P_{Ho}}{P_{Hx}}}{K_L},$$

6. Розрахувати можливу еквівалентну дозу  $\beta$ -випромінювання за рік з захисним екраном та без нього, за формулою (7.1):

$$H = P_H \cdot t, \quad (7.1)$$

де  $t = 1840$  годин роботи за рік.

7. Розрахувати за формулою (7.1) [аналогічно пункту шостому] можливу еквівалентну дозу  $\gamma$ -опромінення за рік та порівняти з нормами (табл. 2.1).

8. Зробити висновки.

## 8. ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Тема та мета роботи.
2. Загальні данні про іонізуючи випромінювання.
3. Основні данні приладу ДП-5Б і порядок роботи з ним.
4. Заповнити таблицю результатів експериментальних вимірювань та розрахунків (табл. 7.2).
5. Розрахунок лінійного коефіцієнта ослаблення  $K_L$ .
6. Розрахунок необхідної товщини екрана  $d$  см.
7. Розрахунок можливої еквівалентної дози  $\beta$ -випромінювання за рік, з захисним екраном та без нього.
8. Розрахунок можливої еквівалентної дози  $\gamma$ -опромінення за рік.
9. Надати порівняння отриманої дози  $\gamma$ -опромінення за рік з нормами (табл. 2.1).
10. Висновки.

## 9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Стеблюк М. І. Цивільна оборона та цивільний захист [Текст] : навч. посіб. для вузів / М. І. Стеблюк. – К. : Знання, 2013, - 487 с.
2. Кулаков М. А. та ін. Цивільна оборона [Текст] : Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / За ред. Проф. В. В. Березуцького – Х.: Факт, 2008. – 312 с.
3. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97/Д-2000). - Київ: Відділ поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1998. - 125 с.
4. Технічний опис приладу ДП-5Б.

## 10. ДОДАТКИ

## Додаток А - Натуральні логарифми

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1,0</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0100</b>	<b>0,0198</b>	<b>0,0296</b>	<b>0,0392</b>	<b>0,0488</b>	<b>0,0583</b>	<b>0,0677</b>	<b>0,0770</b>	<b>0,0862</b>
1,1	0,0953	0,1044	0,1133	0,1222	0,1310	0,1398	0,1384	0,1570	0,1655	0,1740
1,2	0,1823	0,1906	0,1989	0,2070	0,2151	0,2231	0,2311	0,2390	0,2469	0,2546
1,3	0,2624	0,2700	0,2776	0,2852	0,2927	0,3001	0,3075	0,3148	0,3221	0,3293
1,4	0,3365	0,3436	0,3507	0,3577	0,3646	0,3716	0,3784	0,3853	0,3920	0,3988
<b>1,5</b>	<b>0,4055</b>	<b>0,4121</b>	<b>0,4187</b>	<b>0,4253</b>	<b>0,4318</b>	<b>0,4383</b>	<b>0,4447</b>	<b>0,4511</b>	<b>0,4574</b>	<b>0,4637</b>
1,6	0,4700	0,4762	0,4824	0,4886	0,4947	0,5008	0,5068	0,5128	0,5188	0,5247
1,7	0,5306	0,5365	0,5423	0,5481	0,5539	0,5596	0,5653	0,5710	0,5766	0,5822
1,8	0,5878	0,5933	0,5988	0,6043	0,6098	0,6152	0,6206	0,6259	0,6313	0,6366
1,9	0,6419	0,6471	0,6523	0,6575	0,6627	0,6678	0,6729	0,6780	0,6831	0,6881
<b>2,0</b>	<b>0,6931</b>	<b>0,6981</b>	<b>0,7031</b>	<b>0,7080</b>	<b>0,7129</b>	<b>0,7178</b>	<b>0,7227</b>	<b>0,7275</b>	<b>0,7324</b>	<b>0,7372</b>
2,1	0,7419	0,7467	0,7514	0,7561	0,7608	0,7655	0,7701	0,7747	0,7793	0,7839
2,2	0,7885	0,7930	0,7975	0,8020	0,8065	0,8109	0,8154	0,8198	0,8242	0,8286
2,3	0,8329	0,8372	0,8416	0,8459	0,8502	0,8544	0,8587	0,8629	0,8671	0,8713
2,4	0,8755	0,8796	0,8838	0,8879	0,8920	0,8961	0,9002	0,9042	0,9083	0,9123
<b>2,5</b>	<b>0,9163</b>	<b>0,9203</b>	<b>0,9243</b>	<b>0,9282</b>	<b>0,9322</b>	<b>0,9361</b>	<b>0,9400</b>	<b>0,9439</b>	<b>0,9478</b>	<b>0,9517</b>
2,6	0,9555	0,9594	0,9632	0,9670	0,9708	0,9746	0,9783	0,9821	0,9858	0,9895
2,7	0,9933	0,9969	1,0003	1,0043	1,0080	1,0116	1,0152	1,0188	1,0225	1,0260
2,8	1,0296	1,0332	1,0367	1,0403	1,0438	1,0473	1,0508	1,0543	1,0578	1,0613
2,9	1,0647	1,0682	1,0716	1,0750	1,0784	1,0818	1,0852	1,0886	1,0919	1,0953
<b>3,0</b>	<b>1,0986</b>	<b>1,1019</b>	<b>1,1053</b>	<b>1,1086</b>	<b>1,1119</b>	<b>1,1151</b>	<b>1,1184</b>	<b>1,1217</b>	<b>1,1249</b>	<b>1,1282</b>
3,1	1,1314	1,1346	1,1378	1,1410	1,1442	1,1474	1,1506	1,1537	1,1569	1,1600
3,2	1,1632	1,1663	1,1694	1,1725	1,1756	1,1787	1,1817	1,1848	1,1878	1,1909
3,3	1,1939	1,1969	1,2000	1,2030	1,2060	1,2090	1,2119	1,2149	1,2179	1,2208
3,4	1,2238	1,2267	1,2296	1,2326	1,2355	1,2384	1,2413	1,2442	1,2470	1,2499
<b>3,5</b>	<b>1,2528</b>	<b>1,2556</b>	<b>1,2585</b>	<b>1,2613</b>	<b>1,2641</b>	<b>1,2669</b>	<b>1,2698</b>	<b>1,2726</b>	<b>1,2754</b>	<b>1,2782</b>
3,6	1,2809	1,2837	1,2865	1,2892	1,2920	1,2947	1,2975	1,3002	1,3029	1,3056
3,7	1,3083	1,3110	1,3137	1,3164	1,3191	1,3218	1,3244	1,3271	1,3297	1,3324
3,8	1,3350	1,3376	1,3403	1,3429	1,3455	1,3481	1,3507	1,3533	1,3558	1,3584
3,9	1,3610	1,3635	1,3661	1,3686	1,3712	1,3737	1,3762	1,3788	1,3813	1,3838
<b>4,0</b>	<b>1,3863</b>	<b>1,3888</b>	<b>1,3913</b>	<b>1,3938</b>	<b>1,3962</b>	<b>1,3987</b>	<b>1,4012</b>	<b>1,4036</b>	<b>1,4061</b>	<b>1,4085</b>
4,1	1,4110	1,4134	1,4159	1,4183	1,4207	1,4231	1,4255	1,4279	1,4303	1,4327
4,2	1,4351	1,4375	1,4398	1,4422	1,4446	1,4469	1,4493	1,4516	1,4540	1,4563
4,3	1,4586	1,4609	1,4633	1,4656	1,4679	1,4702	1,4725	1,4748	1,4770	1,4793
4,4	1,4816	1,4839	1,4861	1,4884	1,4907	1,4929	1,4951	1,4974	1,4996	1,5019

## Продовження додатка А - Натуральні логарифми

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>4,5</b>	<b>1,5041</b>	<b>1,5063</b>	<b>1,5085</b>	<b>1,5107</b>	<b>1,5129</b>	<b>1,5151</b>	<b>1,5173</b>	<b>1,5195</b>	<b>1,5217</b>	<b>1,5239</b>
4,6	1,5261	1,5282	1,5304	1,5326	1,5347	1,5369	1,5390	1,5412	1,5433	1,5454
4,7	1,5476	1,5497	1,5518	1,5539	1,5560	1,5581	1,5602	1,5623	1,5644	1,5665
4,8	1,5686	1,5707	1,5728	1,5748	1,5769	1,5790	1,5810	1,5831	1,5851	1,5872
4,9	1,5892	1,5913	1,5933	1,5953	1,5974	1,5994	1,6014	1,6034	1,6054	1,6074
<b>5,0</b>	<b>1,6094</b>	<b>1,6114</b>	<b>1,6134</b>	<b>1,6154</b>	<b>1,6174</b>	<b>1,6194</b>	<b>1,6214</b>	<b>1,6233</b>	<b>1,6253</b>	<b>1,6273</b>
5,1	1,6292	1,6312	1,6332	1,6351	1,6371	1,6390	1,6409	1,6429	1,6448	1,6467
5,2	1,6487	1,6506	1,6525	1,6544	1,6563	1,6582	1,6601	1,6620	1,6639	1,6658
5,3	1,6677	1,6696	1,6715	1,6734	1,6752	1,6771	1,6790	1,6808	1,6827	1,6845
5,4	1,6864	1,6882	1,6901	1,6919	1,6938	1,6956	1,6974	1,6993	1,7011	1,7029
<b>5,5</b>	<b>1,7047</b>	<b>1,7066</b>	<b>1,7084</b>	<b>1,7102</b>	<b>1,7120</b>	<b>1,7138</b>	<b>1,7156</b>	<b>1,7174</b>	<b>1,7192</b>	<b>1,7210</b>
5,6	1,7228	1,7246	1,7263	1,7281	1,7299	1,7317	1,7334	1,7352	1,7370	1,7387
5,7	1,7405	1,7422	1,7440	1,7457	1,7475	1,7492	1,7509	1,7527	1,7544	1,7561
5,8	1,7579	1,7596	1,7613	1,7630	1,7647	1,7664	1,7681	1,7699	1,7716	1,7733
5,9	1,7750	1,7766	1,7783	1,7800	1,7817	1,7834	1,7851	1,7867	1,7884	1,7901
<b>6,0</b>	<b>1,7918</b>	<b>1,7934</b>	<b>1,7951</b>	<b>1,7967</b>	<b>1,7984</b>	<b>1,8001</b>	<b>1,8017</b>	<b>1,8034</b>	<b>1,8050</b>	<b>1,8066</b>
6,1	1,8083	1,8099	1,8116	1,8132	1,8148	1,8165	1,8181	1,8197	1,8213	1,8229
6,2	1,8245	1,8262	1,8278	1,8294	1,8310	1,8326	1,8342	1,8358	1,8374	1,8390
6,3	1,8405	1,8421	1,8437	1,8453	1,8469	1,8485	1,8500	1,8516	1,8532	1,8547
6,4	1,8563	1,8579	1,8594	1,8610	1,8625	1,8641	1,8656	1,8672	1,8687	1,8703
<b>6,5</b>	<b>1,8718</b>	<b>1,8733</b>	<b>1,8749</b>	<b>1,8764</b>	<b>1,8779</b>	<b>1,8795</b>	<b>1,8810</b>	<b>1,8825</b>	<b>1,8840</b>	<b>1,8856</b>
6,6	1,8871	1,8886	1,8901	1,8916	1,8931	1,8946	1,8961	1,8976	1,8991	1,9006
6,7	1,9021	1,9036	1,9051	1,9066	1,9081	1,9095	1,9110	1,9125	1,9140	1,9155
6,8	1,9169	1,9184	1,9199	1,9213	1,9228	1,9242	1,9257	1,9272	1,9286	1,9301
6,9	1,9315	1,9330	1,9344	1,9359	1,9373	1,9387	1,9402	1,9416	1,9430	1,9445
<b>7,0</b>	<b>1,9459</b>	<b>1,9473</b>	<b>1,9488</b>	<b>1,9502</b>	<b>1,9516</b>	<b>1,9530</b>	<b>1,9544</b>	<b>1,9559</b>	<b>1,9573</b>	<b>1,9587</b>
7,1	1,9601	1,9613	1,9629	1,9643	1,9657	1,9671	1,9685	1,9699	1,9713	1,9727
7,2	1,9741	1,9755	1,9769	1,9782	1,9796	1,9810	1,9824	1,9838	1,9851	1,9865
7,3	1,9879	1,9892	1,9906	1,9920	1,9933	1,9947	1,9961	1,9974	1,9988	2,0001
7,4	2,0015	2,0028	2,0042	2,0055	2,0069	2,0082	2,0096	2,0109	2,0122	2,0136
<b>7,5</b>	<b>2,0149</b>	<b>2,0162</b>	<b>2,0176</b>	<b>2,0189</b>	<b>2,0202</b>	<b>2,0215</b>	<b>2,0229</b>	<b>2,0242</b>	<b>2,0255</b>	<b>2,0268</b>
7,6	2,0281	2,0295	2,0308	2,0321	2,0334	2,0347	2,0360	2,0373	2,0386	2,0399
7,7	2,0412	2,0425	2,0438	2,0451	2,0464	2,0477	2,0490	2,0503	2,0516	2,0528
7,8	2,0541	2,0554	2,0567	2,0580	2,0592	2,0605	2,0618	2,0631	2,0643	2,0656
7,9	2,0669	2,0681	2,0694	2,0707	2,0719	2,0732	2,0744	2,0757	2,0769	2,0782
<b>8,0</b>	<b>2,0794</b>	<b>2,0807</b>	<b>2,0819</b>	<b>2,0832</b>	<b>2,0844</b>	<b>2,0857</b>	<b>2,0869</b>	<b>2,0882</b>	<b>2,0894</b>	<b>2,0906</b>
8,1	2,0919	2,0931	2,0943	2,0956	2,0968	2,0980	2,0992	2,1005	2,1017	2,1029

## Продовження додатка А - Натуральні логарифми

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
8,2	2,1041	2,1054	2,1066	2,1078	2,1090	2,1102	1,1114	2,1126	2,1138	2,1150
8,3	2,1163	2,1175	2,1187	2,1199	2,1211	2,1223	2,1235	2,1247	2,1258	2,1270
8,4	2,1282	2,1294	2,1306	2,1318	2,1330	2,1342	2,1353	2,1365	2,1377	2,1389
<b>8,5</b>	<b>2,1401</b>	<b>2,1412</b>	<b>2,1424</b>	<b>2,1436</b>	<b>2,1448</b>	<b>2,1459</b>	<b>2,1471</b>	<b>2,1483</b>	<b>2,1494</b>	<b>2,1506</b>
8,6	2,1518	2,1529	2,1541	2,1552	2,1564	2,1576	2,1587	2,1599	2,1610	2,1622
8,7	2,1633	2,1645	2,1656	2,1668	2,1679	2,1691	2,1702	2,1713	2,1725	2,1736
8,8	2,1748	2,1759	2,1770	2,1782	2,1793	2,1804	2,1815	2,1827	2,1838	2,1849
8,9	2,1861	2,1872	2,1883	2,1894	2,1905	2,1917	2,1928	2,1939	2,1950	2,1961
<b>9,0</b>	<b>2,1972</b>	<b>2,1983</b>	<b>2,1994</b>	<b>2,2006</b>	<b>2,2017</b>	<b>2,2028</b>	<b>2,2039</b>	<b>2,2050</b>	<b>2,2061</b>	<b>2,2072</b>
9,1	2,2083	2,2094	2,2105	2,2116	2,2127	2,2138	2,2148	2,2159	2,2170	2,2181
9,2	2,2192	2,2203	2,2214	2,2225	2,2235	2,2246	2,2257	2,2268	2,2279	2,2289
9,3	2,2300	2,2311	2,2322	2,2332	2,2343	2,2354	2,2364	2,2375	2,2386	2,2396
9,4	2,2407	2,2418	2,2428	2,2439	2,2450	2,2460	2,2471	2,2481	2,2492	2,2502
<b>9,5</b>	<b>2,2513</b>	<b>2,2523</b>	<b>2,2534</b>	<b>2,2544</b>	<b>2,2555</b>	<b>2,2565</b>	<b>2,2576</b>	<b>2,2586</b>	<b>2,2597</b>	<b>2,2607</b>
9,6	2,2618	2,2628	2,2638	2,2649	2,2659	2,2670	2,2680	2,2690	2,2701	2,2711
9,7	2,2721	2,2732	2,2742	2,2752	2,2762	2,2773	2,2783	2,2793	2,2803	2,2814
9,8	2,2824	2,2834	2,2844	2,2854	2,2863	2,2875	2,2885	2,2895	2,2905	2,2915
9,9	2,2925	2,2935	2,2946	2,2956	2,2966	2,2976	2,2986	2,2996	2,3006	2,3016

<i>m</i>	<i>ln 10<sup>m</sup></i>
1	2,3026
2	4,6052
3	6,9078
4	9,2103
5	11,5129

Приклад:

$$\ln 862 = \ln 8,62 + \ln 10^2 = 2,1541 + 4,6052 = 6,7593;$$

$$\ln 0,0862 = \ln 8,62 - \ln 10^2 = 2,1541 - 4,6052 = -2,4511$$



