

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет заочного навчання
Кафедра загальної та теоретичної фізики

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: Організація інформаційної системи радіаційної безпеки на
базі сучасних приладів радіодозиметричного контролю

Виконав студент 5 року навчання
групи ТЗНС-5і (заоч)
спеціальності 183 «Технології
захисту навколишнього
середовища»

Гриньків Володимир Валерійович
Керівник к.ф-м. н., доцент
Курятников Владислав
Володимирович

Рецензент д.тех. н. професор
Софронков Олександр
Наумович

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет _____ заочного навчання _____
Кафедра _____ загальної та теоретичної фізики _____
Рівень вищої освіти _____ бакалавр _____
Спеціальність Напрямок підготовки 183 «Технології захисту навколишнього середовища» _____
(шифр і назва)
Освітня програма Технології захисту навколишнього середовища _____
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри загальної та теоретичної фізики,
професор Герасимов О.І.**

“05”_травня_2021_року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

студенту _____ Гриньків Володимир Валерійовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Організація інформаційної системи радіаційної безпеки на базі сучасних приладів радіодозиметричного контролю

керівник роботи Курятников Владислав Володимирович к.ф-м.н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “__29__” березня 2021 року
№ 36 – «С»__

2.Строк подання студентом роботи 14.06.2021_____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Опис загальних принципів радіаційної безпеки (система радіаційної безпеки).

2. Пояснення важливості інформаційної системи радіаційної безпеки

3. Призначення системи радіаційного контролю.

4 Опис принципу та роботи інформаційного табло ІТ-09, стаціонарного дозиметру

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Рис 4.1 - Інформаційне табло ІТ-09, стаціонарний дозиметр. Таблиця 4.1- Основні технічні дані та характеристики табло. Таблиця 4.2- Комплект постачання. Рисунок 4.2 - Зовнішній вигляд табло. Рисунок 4.3 - Зовнішній вигляд адаптера живлення Рисунок 4.4 - Зовнішній вигляд блока детектування з кабелем з'єднувальним. Рисунок 4.5 - Структурна схема табло. Таблиця 4.6 - Експлуатаційні обмеження. Таблиця 4.7 - Перелік можливих неполадок і методи їх усунення

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	Немає		

7. Дата видачі завдання 05.05.2021_р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Огляд базових літературних джерел за темою дипломного проекту	04.05.- 06.05.21	82	4 (добре)
2	Узагальнення основних теоретичних положень проекту	07.05.- 10.05.21	82	4 (добре)
3	Рубіжна атестація	11- 15.05.21р	82	4 (добре)
4	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення електронної версії роботи. Перевірка на плагіат. Складання протоколу та авторського договору	16.05- 31.05.21 01.06.21	82	4 (добре)
5	Підготовка паперової версії і презентаційного матеріалу до процедури предзахисту. Внесення коректив. Рецензування роботи. Підготовка до публічного захисту.	02.06- 19.06.21 18.06.2021	82	4 (добре)
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		82	4 (добре)

Студент _____ **Гриньків В.В.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ **Курятников В.В.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Гриньків В.В. Організація інформаційної системи радіаційної безпеки на базі сучасних приладів радіодозиметричного контролю

Актуальність теми. На території України знаходиться велика кількість радіаційно-небезпечних об'єктів. Тому з точки зору радіаційної безпеки Україна відноситься до території з потенційним ризиком радіаційного забруднення, що вимагає особливого контролю. Крім того, радіоекологічна ситуація, яка склалася на радіаційно забруднених територіях внаслідок аварії на ЧАЕС, вимагала розробки нових методів масових радіоекологічних досліджень, що надавала б можливість визначати поточний радіоекологічний стан РЗТ і прогнозувати подальший розвиток радіаційної ситуації.

Головним завданням управління якістю навколишнього середовища в зоні впливу радіаційно-небезпечних об'єктів, у т.ч. підприємств атомної енергетики і промисловості, є створення системи контролю, здатної визначати джерела і фактори радіаційного впливу на персонал, населення і навколишнє середовище як у штатному режимі роботи об'єктів, так і в разі аварій на них; оперативно оцінювати процеси первинного і вторинного радіаційного забруднення навколишнього середовища; прогнозувати дози і ризики опромінення персоналу та населення. У найбільш повному вигляді такий контроль може бути реалізований шляхом створення системи радіаційного (радіоекологічного) моніторингу.

Мета кваліфікаційної бакалаврської роботи розглянути організацію інформаційної системи радіаційної безпеки на базі сучасних приладів радіодозиметричного контролю.

Задачі дослідження.

- подати характеристики принципів радіаційної безпеки;
- розглянути норми радіаційної безпеки та системи контролю радіаційної обстановки

- охарактеризувати принцип та роботу інформаційного табло ІТ-09,
стаціонарного дозиметр

Робота містить:

Сторінок- 46

Рисунків- 5

Таблиць - 4

Літературних посилань- 15

Ключові слова: радіаційна безпека, радіометр, інформаційне табло ІТ-09,
стаціонарний дозиметр, доза опромінення, дозиметр.

ЗМІСТ

1 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ.....	7
1.1 Система радіаційної безпеки.....	8
1.2 Сучасне міжнародне регулювання.....	10
1.3 Основні принципи та норми забезпечення радіаційної безпеки.....	11
2 ВАЖЛИВІСТЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ...	15
3 СИСТЕМИ РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ.....	22
3.1 Призначення технічних засобів контролю радіаційної безпеки (ТЗКРБ).....	22
3.2 Системи контролю радіаційної обстановки.....	23
3.2.1. Системи радіаційного моніторингу довкілля.....	23
3.2.2. Системи контролю радіаційної безпеки житлових і службових приміщень.....	24
3.2.3. Системи контролю радіаційної безпеки експлуатації ядерних енергетичних установок.....	25
3.3 Прилади радіаційного контролю.....	25
4 ПРИНЦИП ТА РОБОТА ІНФОРМАЦІЙНОГО ТАБЛО ІТ-09, СТАЦІОНАРНОГО ДОЗИМЕТРУ.....	30
4.1 Інформаційне табло ІТ-09, стаціонарний дозиметр.....	31
4.1.1 Опис і робота призначення табло.....	31
4.1.2 Технічні характеристики.....	33
4.1.3 Побудова табло та принцип його роботи.....	36
4.2 Використання за призначенням.....	38
4.2.1 Експлуатаційні обмеження для табло.....	38
4.2.2 Режим роботи табло.....	41
ВИСНОВКИ.....	43
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	45

ВСТУП

Радіаційна безпека населення є важливим елементом національної безпеки і має на увазі стан захищеності сьогодення і майбутніх поколінь від шкідливого впливу радіації. Будь-яке корисне застосування джерел іонізуючого випромінювання в промисловості, науці, медицині, сільському господарстві має бути безпечним.

Забезпечення радіаційної безпеки населення - це, в першу чергу, завдання держави. В Україні діє ряд законів, санітарних норм і правил, а також інших нормативних документів, спрямованих на захист населення від ядерної і радіаційної загрози.

У разі аварії на підприємствах атомної промисловості радіоактивному зараженню піддадуться повітря, місцевість і розташовані на ній споруди, техніка, майно.

Прогнозування масштабу аварії здійснюється на основі встановлених закономірностей: масштабів і характеру радіоактивного зараження місцевості, від потужності і виду ядерного вибуху. Розвідувальне формування оснащуються засобами радіаційної розвідки. Для успішного виконання завдань по веденню розвідки особовий склад формувань потрібно добре знати основи дозиметрії, пристрій і принцип дії приладів розвідки, вміти правильно ними користуватися, тримати в постійній готовності і дбайливо їх зберігати.

В бакалаврській роботі розглянемо організацію інформаційної системи радіаційної безпеки на базі сучасних приладів радіодозиметричного контролю.

1 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

Радіаційна безпека - стан захищеності теперішнього і майбутнього поколінь людей від шкідливого для їх здоров'я впливу іонізуючого випромінювання. Необхідність в захисті від радіації з'явилася практично відразу після її відкриття в кінці XIX століття. Будучи спочатку інтересом вузького кола фахівців, з початком атомної ери і широким використанням джерел випромінювання в промисловості, енергетиці та медицині, радіаційна безпека стала актуальною проблемою для всього людства. Система радіаційної безпеки, будучи комплексною і ресурсомісткою завданням, вимагає для своєї розробки і впровадження участі великих міжнародних і національних організацій, центральне місце серед яких займає Міжнародна Комісія з Радіаційної Захисту.

1.1 Система радіаційної безпеки

Рентгенівське випромінювання було відкрито в 1895 році, а радіоактивний радій в 1898. Відкриттям приписувалося безліч корисних застосувань, наприклад, отримання медичних знімків або лікування будь-яких хвороб. Однак за досить короткий період ставлення до радіації змінилося від захоплення до звинувачень в найбільшій загрозі для людства. Першими жертвами радіації стали вчені і лікарі, які працювали з рентгенівськими трубками. Так винахідник Томас Едісон страждав від радіаційних уражень очей і шкіри, а один з його помічників загинув від гострого опромінення [1].

Широку популярність здобув випадок з Ебен Байєрс, померлим від отруєння популярним еліксиром на основі радію, який він приймав у великих кількостях для поліпшення свого здоров'я. Іншими жертвами стали «радієві дівчата» - фабричні робітниці, які завдавали світиться фарбу на циферблати і стрілки годинника.

Небезпека, що виходить від іонізуючого випромінювання, зажадала введення відповідних захисних та обмежувальних заходів. У 1921 році Британське рентгенівське товариство випустило рекомендації щодо захисту працівників від переопромінення рентгенівськими променями і радієм. У 1929 році Американська медична асоціація ввела заборону на спроби використовувати радіацію для видалення волосся в косметичних цілях, а трьома роками пізніше заборона була накладена на вживання радієвих еліксирів. У 1928 році на другому Міжнародному конгресі радіологів була утворена Міжнародна комісія із захисту від рентгенівського випромінювання і радію. Рекомендації з радіаційного захисту 1928 року стосувалися в основному екранування випромінювання та безпечної організації робіт.

Ніяких кількісних обмежень дози зроблено не було. Тільки в 1934 році було встановлено обмеження, еквівалентну 500 мЗв річної ефективної дози професійного опромінення. Даний ліміт був встановлений з метою уникнути гострих променевих уражень, про віддалені наслідки опромінення було відомо дуже мало. З початком атомної ери широке використання радіоактивних матеріалів у військових і цивільних цілях значно розширило коло завдань, що стоять перед радіаційною безпекою. Нові дані по віддалених наслідках опромінення привели до перегляду існуючих стандартів безпеки. У рекомендаціях 1954 року було закладено основи сучасної безпорогової концепції, що означало визнання небезпеки будь-яких доз випромінювання, які перевищують дози від природного радіаційного фону [2].

Вперше було рекомендовано обмеження дози не тільки для професіоналів але і для населення в цілому. Сучасний етап у розвитку норм радіаційної безпеки почався в 1958 році, з випуском офіційної першої публікації Міжнародної Комісії з Радіаційної Захисту (МКРЗ). Вперше був сформульований основний принцип радіаційної безпеки, що має на увазі отримання настільки низьких доз наскільки це досяжно, в даний час відомий як Аларит. Допустимі рівні опромінення були знижені до 50 мЗв на рік для

персоналу і 5 мЗв на рік для населення (в даний час 20 мЗв і 1 мЗв відповідно) [1].

1.2 Сучасне міжнародне регулювання

У сучасному світі окрема людина практично не здатний вплинути на середовище свого існування. Стан навколишнього середовища залежить від дій всього суспільства, тому питання радіаційної безпеки лежать в руках національних і міжнародних організацій, що володіють відповідними ресурсами і впливом. Сполучною ланкою в розробці і розвитку системи радіаційної безпеки є рекомендації незалежного некомерційного об'єднання - Міжнародної Комісії з радіологічного Захисту (МКРЗ). У МКРЗ на добровільних засадах працює понад двісті осіб з тридцяти країн світу, які є авторитетними фахівцями в своїй галузі. Комісія фінансується за рахунок внесків національних і міжнародних організацій, серед яких найбільший внесок належить європейським країнам і США. Спільно з МКРЗ в створенні системи радіаційної безпеки беруть участь і інші спеціалізовані міжнародні організації: Науковий комітет ООН з дії атомної радіації (НКДАР); Міжнародна комісія з радіологічних одиниць і вимірам (МКРЕ); Міжнародна організація праці (МОП); Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ); Продовольча і сільськогосподарська організація (ФАО) ООН; Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ); Агентство з ядерної енергії Організації економічного співробітництва і розвитку (АЯЕ/ОЕСР); Міжнародна Асоціація з радіаційного захисту. В даний час склалася наступна практика розвитку і впровадження міжнародної системи радіаційної безпеки. НКДАР ООН періодично узагальнює наявні дані, що стосуються впливу атомної радіації. МКРЗ ґрунтуючись на доповідях НКДАР випускає свої рекомендації, які потім закріплюються в стандартах безпеки МАГАТЕ.

Держави, відповідно до міжнародних угод, використовують ці стандарти при розробці своїх національних норм. Більш докладно схема

міжнародної взаємодії представлена на діаграмі. Рекомендації МКРЗ знайшли відображення в національних стандартах багатьох країн світу [3].

Однак не всі держави застосовують ці рекомендації в повному обсязі. Так діють норми США засновані в основному на рекомендаціях МКРЗ 1977, що багато в чому визначилося самостійністю регулюючої структури США, яка сама тривалий час була основою для формування міжнародних рекомендацій. У 2008 році комісією з ядерного регулювання США був ініційований процес перегляду національних норм, які в результаті залишилися практично без змін. Після тривалого обговорення було встановлено, що чинне законодавство забезпечує достатній захист персоналу і населення, а подальше зниження дозових лімітів не принесе істотного посилення безпеки і не компенсує витрат на впровадження нових норм [2,3].

1.3 Основні принципи та норми забезпечення радіаційної безпеки

Радіаційна безпека персоналу, населення і оточуючого середовища вважається забезпеченою, якщо дотримуються основні принципи радіаційної безпеки (виправданості, оптимізації, неперевищення) і вимоги радіаційного захисту, встановлені діючими нормами радіаційної безпеки та санітарними правилами. Основоположним у ядерному законодавстві України законом є закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» від 08.02.1995 №39/95-ВРзі внесеними змінами. Цей закон встановлює пріоритет безпеки людини та навколишнього природного середовища, права і обов'язки громадян у сфері використання ядерної енергії, регулює діяльність, пов'язану з використанням ядерних установок та джерел іонізуючого випромінювання, встановлює також правові основи міжнародних зобов'язань України щодо використання ядерної енергії [4].

Відповідно до закону України "Про використання ядерної енергії та радіаційної безпеки" категорії радіаційна безпека та радіаційний захист характеризуються такими визначеннями:

- радіаційна безпека – дотримання допустимих меж радіаційного впливу на персонал, населення та навколишнє природне середовище, встановлених нормами, правилами та стандартами з безпеки;
- радіаційний захист – сукупність радіаційно-гігієнічних, проектно-конструкторських, технічних та організаційних заходів, спрямованих на забезпечення радіаційної безпеки.

Таким чином, радіаційна безпека - це мета, досягнення якої є обов'язковою при експлуатації АЕС, а радіаційний захист – засіб досягнення цієї мети.

Радіаційна безпека персоналу, населення і оточуючого середовища вважається забезпеченою, якщо дотримуються основні принципи радіаційної безпеки і вимоги радіаційного захисту, встановлені діючими нормами радіаційної безпеки та санітарними правилами [4].

Принцип виправданості передбачає заборону всіх видів діяльності з використанням джерел радіоактивного випромінювання, за яких отримана для людини та суспільства користь не перевищує ризику можливої шкоди, яка може бути заподіяною випромінюванням. Цей принцип повинен застосовуватись на стадії прийняття рішення уповноваженими органами при проектуванні нових джерел випромінювання та об'єктів підвищеної радіаційної безпеки, видачі ліцензій та затвердженні нормативно-технічної документації на використання джерел випромінювання, а також при зміні умов їх експлуатації. В умовах радіаційної аварії принцип виправданості стосується не джерел випромінювання та умов опромінення, а захисних заходів, при цьому як величину користі слід оцінювати попереджену даними заходами дозу. Заходи ж, що направлені на відновлення контролю над джерелами випромінювання, мають проводитись в обов'язковому порядку.

У найпростіших випадках принцип обґрунтування перевіряють, здійснюючи порівняння користі і шкоди від радіаційного опромінення:

$$X - (Y_1 + Y_2) \geq 0 \quad (1.1)$$

де X - користь від застосування джерела випромінювання або умов опромінення, за вирахуванням всіх витрат на їх створення і експлуатацію, крім витрат на радіаційний захист;

Y_1 - витрати на всі заходи захисту;

Y_2 - шкода, що наноситься здоров'ю людей та навколишньому середовищу від опромінення, які не усунутий захисними заходами. Різниця між користю X і сумою $(Y_1 + Y_2)$ шкоди повинна бути більше нуля, а при наявності альтернативних способів досягнення користі ця різниця повинна бути ще й максимальної. Якщо неможливо досягти корисного ефекту, що перевищує негативний, має прийматися рішення про неприйнятність використання в цьому випадку даного джерела випромінювання. Також при розгляді цього питання повинні враховуватися аспекти промислової та екологічної безпеки. Перевірка дотримання принципу обґрунтування, пов'язана зі зважуванням користі і шкоди від джерела випромінювання, не обмежується тільки радіологічними критеріями, а включає соціальні, економічні, психологічні та інші фактори. Для різних джерел випромінювання і умов опромінення конкретні величини користі мають свої особливості, наприклад вироблена енергія від АЕС, діагностична і інша інформація, здобуті природні ресурси, забезпеченість житлом тощо. Всі ці фактори в міру можливості зводять до якогось узагальненого висловом користі для зіставлення з можливим збитком від опромінення за однакові відрізки часу у вигляді скорочення числа осіб-років життя. При цьому приймається, що опромінення в колективній ефективній дозі в 1 чол-Зв призводить до втрати 1 чол-року життя. Для кількісної оцінки використовується нерівність:

$$Y_0 > Y_2 \quad (1.2)$$

де Y_2 має те ж значення, що і в формулі (1),

Y_0 - шкода для здоров'я в результаті відмови від даного виду діяльності, пов'язаної з опроміненням. Якісна оцінка може бути виконана за допомогою формули:

$$\sum((Z/D_z) - (Z_0/D_{z0})) < 0 \quad (1.3)$$

де Z -інтенсивність впливу шкідливих факторів в результаті діяльності, пов'язаної з опроміненням;

Z_0 - шкідливі фактори, що впливають на персонал або населення при відмові від діяльності, пов'язаної з опроміненням;

D_z і D_{z0} - допустима інтенсивність впливу факторів Z і Z_0 .

Принцип оптимізації передбачає підтримання на максимально низькому рівні як індивідуальних (нижче лімітів, встановлених діючими нормами), так і колективних доз опромінення, з врахуванням соціальних та економічних факторів. В умовах радіаційної аварії, коли замість лімітів доз діють більш високі рівні втручання, принцип оптимізації має застосовуватись до захисних заходів з врахуванням попередженої дози опромінення і збитків, пов'язаних з втручанням [5].

Принцип неперевищення вимагає запобігання перевищення встановлених діючими нормами радіаційної безпеки індивідуальних лімітів доз та інших нормативів радіаційної безпеки. Даного принципу повинні дотримуватись всіма організаціями та особами, від яких залежить рівень опромінення людей [3].

2 ВАЖЛИВІСТЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

Постанова Головного державного санітарного лікаря України від 1 грудня 1997 року N 62 «Про введення в дію Державних гігієнічних нормативів "Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97)" Допустимі рівні вмісту радіонуклідів стронцію і цезію у продуктах харчування (ДР-97)».

Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) [4] охоплюють систему принципів, критеріїв, нормативів та правил, виконання яких є обов'язковим в політиці держави щодо забезпечення протирадіаційного захисту людини та радіаційної безпеки.

НРБУ-97 є основним державним документом, що встановлює систему радіаційно-гігієнічних регламентів для забезпечення прийнятих рівнів опромінення як для окремої людини, так і для суспільства взагалі і є обов'язковими для виконання всіма юридичними та фізичними особами, які проводять практичну діяльність з джерелами іонізуючого випромінювання.

Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) включають систему принципів, критеріїв, нормативів та правил, виконання яких є обов'язковою нормою політиці держави щодо забезпечення протирадіаційного захисту людини та радіаційної безпеки. НРБУ-97 розроблені у відповідності до основних положень Конституції та Законів України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення", "Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку", "Про поводження з радіоактивними відходами".

Міра дії іонізуючого випромінювання в будь-якому середовищі залежить від енергії випромінювання й оцінюється дозою іонізуючого випромінювання. Останнє визначається для повітря, речовини і біологічної тканини. Відповідно розрізняють: експозиційну, поглинену та еквівалентну дози іонізуючого випромінювання [6].

Експозиційна доза характеризує іонізуючу спроможність випромінювання в повітрі, вимірюється в кулонах на 1 кг (Кл/кг);

позасистемна одиниця — рентген (Р); $1 \text{ Кл/кг} = 3,88 \times 10^3 \text{ Р}$. За експозиційною дозою можна визначити потенційні можливості іонізуючого випромінювання.

Поглинута доза характеризує енергію іонізуючого випромінювання, що поглинається одиницею маси опроміненої речовини. Вона вимірюється в греях Гр ($1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$). Застосовується і позасистемна одиниця рад ($1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр} = 0,01 \text{ Дж/кг}$).

Доза, яку одержує людина, залежить від виду випромінювання, енергії, щільності потоку і тривалості впливу. Проте поглинута доза іонізуючого випромінювання не враховує того, що вплив на біологічний об'єкт однієї і тієї ж дози різних видів випромінювань неоднаковий. Щоб врахувати цей ефект, введено поняття еквівалентної дози [7].

Еквівалентна доза є мірою біологічного впливу випромінювання на конкретну людину, тобто індивідуальним критерієм небезпеки, зумовленим іонізуючим випромінюванням. За одиницю вимірювання еквівалентної дози прийнятий зіверт (Зв). Зіверт дорівнює погнутій дозі в 1 Дж/кг (для рентгенівського та α , β -випромінювань). Позасистемною одиницею служить бер (біологічний еквівалент рада). $1 \text{ бер} = 0,01 \text{ Зв}$.

Основні дозові межі опромінення. Для кожної категорії, що опромінюється встановлюються дозові межі і припустимі рівні, що відповідають основним дозовим межам. Додаткові обмеження існують для жінок репродуктивного віку.

Дозу зовнішнього опромінення і попадання радіонуклідів в організм під час атомних аварій передбачити неможливо. Опромінення персоналу під час аварій вище дозових меж може бути лише тоді, коли немає можливості вжити заходів, що виключають їх перевищення, і може бути виправдане лише врятуванням людей, необхідністю запобігти дальшому розвитку аварій та опроміненню більше кількості людей [8].

Обмеження опромінення населення (категорія В) зумовлюється регламентацією та контролем радіоактивності довкілля. Цей порядок

регламентується основними санітарними правилами (ОСП-72/87). Опромінення категорії і В не повинно бути вищим, ніж опромінення категорії Б.

При підрахунку наслідків аварії надзвичайно важливо визначити величину колективної дози опромінення, яку зібрала в себе популяція - всі ті, на кого безпосередньо чи посередньо вплинуло опромінення. У випадку Чорнобильської катастрофи така доза сягає мільйонів людинобер.

Поняття ризику. Щоб викликати гостре пошкодження організму, дози опромінення повинні перевищувати певний рівень. Якщо одноразово отримана доза опромінення людини досягає 400 бер, то в 50% випадків це призводить (без медичної допомоги) до летального результату.

В основі нормування радіаційного впливу на організм людини лежить відомості про біологічну дію іонізуючих випромінювань. У результаті експериментів на тваринах та вивчення наслідків опромінення людей при ядерних вибухах, аваріях на підприємствах ядерно-паливного циклу, променевій терапії злоякісних пухлин та інших екстремальних ситуаціях були встановлені реакції організму на гостре та хронічне опромінення - так звані радіобіологічні ефекти [7,8].

Прийнято виділяти дві основні групи радіобіологічних ефектів: не стохастичні та стохастичні.

Не стохастичні, або детерміністичні ефекти мають дозову залежність і проявляються в опроміненому організмі через відносно короткий термін. Із збільшенням дози опромінення зростає ступінь ураження органів і тканин - спостерігається ефект градування: залежно від величини і потужності дози розвивається той чи інший ефект (радіаційна стимуляція, морфологічні зміни, променева хвороба, загибель організму).

Стохастичні, або імовірні (випадкові) ефекти належать до віддалених наслідків опромінення організму. В основі виникнення стохастичних ефектів лежать викликані опроміненням мутації та інші порушення в клітинних структурах. Вони виникають як у соматичних (від латинського *somatos* -

тіло), так і в статевих клітинах і зумовлюють утворення в опроміненому організмі злоякісних пухлин (соматико- стохастичні ефекти), а у нащадків - аномалії розвитку та інші порушення, які передаються спадково (генетичні ефекти).

Вважається, що порогова мутагенної дії іонізуючої радіації не існує, а, отже, немає і цілком безпечних доз. Тому опромінення людей в якій завгодно малій дозі відбувається з додатковим ризиком виникнення стохастичних ефектів. Із збільшенням дози опромінення імовірність виникнення стохастичних ефектів зростає лінійно. В цьому полягає суть концепції безпорогової лінійної залежності виникнення стохастичних ефектів.

Відповідні коефіцієнти лінійного зв'язку поміж дозою опромінення людей і виходом стохастичних ефектів встановлюються Міжнародною комісією з радіаційного захисту (МКРЗ). Як правило, ці коефіцієнти виражають у вигляді додаткового виходу злоякісних пухлин та генетичних порушень і ступеня ризику загибелі організму від них, віднесених до колективної еквівалентної дози, що дорівнює люд.-Зв (1 млн. люд.-бер).

Ризик загибелі людей від додаткового впливу іонізуючого опромінення в таких малих дозах значно менший за ризик їх загибелі на самому безпечному виробництві. Але він є, тому дозове навантаження на організм людини суворо регламентовано. Цю функцію виконують норми радіаційної безпеки (НРБ) [9].

НРБУ-97 (НРБ України, прийняті у 1997 р.) спрямовані на недопущення виникнення детерміністичних (соматичних) ефектів і на обмеження на прийнятому рівні виникнення стохастичних ефектів.

НРБУ-97 є основним державним документом, що встановлює систему радіаційно-гігієнічних регламентів для забезпечення прийнятих рівнів опромінення як для окремої людини, так і для суспільства взагалі.

Метою НРБУ-97 є визначення 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 встановлює два принципово відмінні підходи до забезпечення протирадіаційного захисту:

1. При всіх видах практичної діяльності в умовах нормативної експлуатації індустріальних та медичних джерел іонізуючого випромінювання.

2. При втручанні, яке пов'язано з опроміненням населення в умовах радіаційної аварії, а також при хронічному опроміненні за рахунок техногенно-підсиленних джерел природного походження.

Практична діяльність - це діяльність людей, що пов'язана з використанням джерел іонізуючого випромінювання і спрямована на досягнення матеріальної чи іншої користі, яка призводить чи може призвести до контрольованого та передбаченого опромінення людей.

До практичної діяльності належать: виробництво джерел випромінювання, використання їх у промисловості, медицині, сільському господарстві, наукових дослідженнях тощо, а також виробництво ядерної енергії, включаючи всі елементи ядерного паливного циклу.

Втручання - такий вид людської діяльності, що передбачає проведення контрольних заходів, які завжди спрямовані на зниження та відвернення неконтрольованого і непередбаченого опромінення або імовірності опромінення населення.

НРБУ-97 не поширюються на опромінення людини від природного радіаційного фону та на опромінення в умовах повного звернення практичної діяльності (джерел іонізуючого випромінювання) від регулювання.

НРБУ-97 включають чотири групи радіаційно-гігієнічних регламентних величин (регламентів):

Перша група - регламенти для контролю за практичною діяльністю, метою яких є додержання опромінення персоналу та населення на прийнятному для індивідууму та суспільства рівні, а також підтримання

радіаційно-прийнятого стану навколишнього середовища та технології радіаційно-ядерних об'єктів. До цієї групи входять такі регламенти:

- ліміти доз;
- похідні рівні:
 - а) допустимі рівні
 - б) контрольні рівні.

Друга група - регламенти, що мають за мету обмеження опромінення людини від медичних джерел. До цієї групи входять: рекомендовані рівні.

Третя група - регламенти щодо відвернутої внаслідок втручань дози опромінення населення в умовах радіаційної аварії. До цієї групи входять:

- рівні втручань;
- рівні дії.

У межах НРБУ-97 рівень втручань - це рівень відвернутої дози опромінення, при перевищенні якої потрібно застосовувати конкретний контрзахід у разі аварійного чи хронічного опромінення.

Відвернута доза - це доза, яку передбачається відвернути за час дії контрзаходів, пов'язаних з цим втручанням [4].

Рівень дії - це величина, яка виражається у вигляді таких показників радіаційної обстановки, які можуть бути виміряні (потужність дози у випромінювання, об'ємна активність радіонуклідів у повітрі, концентрація їх у продуктах харчування, щільність радіоактивних випадань на ґрунті та ін.). При перевищенні встановлених показників розглядається питання про проведення втручань.

Четверта група - регламенти щодо відвернутої внаслідок втручань дози опромінення населення від техногенно-підсилених джерел природного походження (гранітні кар'єри, будівельні матеріали, мінеральні добрива тощо). До цієї групи входять:

- рівні втручань;
- рівні дії.

Нормами радіаційної безпеки встановлюються такі категорії осіб,

які зазнають опромінення:

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

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

Категорія В - усе населення України [4].

3 СИСТЕМИ РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ

3.1 Призначення технічних засобів контролю радіаційної безпеки (ТЗКРБ)

ТЗКРБ використовується для кількісного визначення величин, що характеризують стан радіаційної обстановки і ступінь радіаційного впливу на персонал, на селище і навколишнє середовище при експлуатації радіаційних джерел [10].

В роботі ТЗКРБ використовуються різні методи виявлення іонізуючих випромінювань:

- іонізаційний, заснований на властивості цих випромінювань іонізувати будь-яке середовище, через яку вони проходять, в тому числі і детекторний пристрій приладу. Вимірюючи іонізаційний струм, отримують уявлення про інтенсивність випромінювань;

- фотографічний, заснований на властивості іонізуючого випромінювання впливати на світлочутливий шар фотоматеріалів. Порівнюючи щільність почорніння плівки з еталоном, можна визначити дозу випромінювання (експозиційну або поглинену), отриманою плівкою;

- сцинтиляційний, при якому відбувається світіння детектора з люмінесцентних матеріалів під впливом іонізуючого випромінювання здійснюватиме. Кількість спалахів, пропорційне потужності випромінювання, реєструється фотоелементним помножувачем, перетворюючим його в електричний струм;

- класичний, заснований на використанні хімічних вимірювань, що відбуваються в рідких і твердих речовинах під впливом іонізуючого випромінювання, в результаті чого змінюється структура речовини, спільно з барвником дає кольорову реакцію. За густиною забарвлення визначається ступінь іонізації;

- люмінесцентний, заснований на ефектах радіофотолюмінесцентності (ФЛД) і радіотермолюмінесцентності (ТЛД). У першому випадку під

впливом випромінювань в люмінесцентному матеріалі створюються центри фотолюмінесценції, що містять атоми і іони срібла, які при освітленні ультрафіолетовим світлом викликають видиму люмінесценцію. У другому випадку - під впливом нагріву поглинена енергія іонізуючих випромінювань перетворюється в люмінесцентну. Інтенсивність люмінесценції пропорційна ступеню іонізуючих випромінювань [10].

Залежно від вимірюваних параметрів джерел іонізуючих випромінювань вимірювання діляться на три класи:

- радіометричні - вимір величин, що характеризують активність радіонуклідів (радіометр);
- дозиметричні - вимір поглиненої енергії іонізуючого випромінювання об'єктами навколишнього середовища (дозиметрія);
- спектрометричні - вимір енергії частинок (спектрометрія).

З урахуванням специфіки конструкції та сфери застосування ТЗКРБ можна умовно розділити на системи, прилади та засоби для контролю радіаційної обстановки та прилади для дозиметричного контролю опромінення населення. Крім того, вони можуть бути переносними, стаціонарними та пересувними (бортовими), що базуються на різних видах транспорту [11].

3.2 Системи контролю радіаційної обстановки

До складу систем контролю радіаційної обстановки входять прилади з засобами зв'язку, обробки даних і видачі інформації. Вони використовуються для забезпечення безпечної експлуатації об'єктів ядерної енергетики.

3.2.1. Системи радіаційного моніторингу довкілля

Автоматизована система контролю радіаційної обстановки (АСКРО) призначена для своєчасного виявлення факту радіаційної аварії в районах розташування ядерно та радіаційно-небезпечних об'єктів.

Автоматизована система гібридного радіаційного моніторингу для АЕС (АСГКРО) забезпечує безперервне вимірювання потужності експозиційної дози (ПЕД) на пром- майданчику АЕС та об'ємної активності в вентиляційних трубах АЕС; розрахунок і прогнозування в реальному часі можливого поширення радіонуклідів, дозових навантажень; безперервне вимірювання ПЕД в 30-кілометровій зоні навколо АЕС. *Система мобільного моніторингу (СММ)* використовується на мобільних комплексах МНС. Система призначена для організації тимчасового моніторингу радіаційної обстановки в зоні НС (в радіусі до 5 км від місця розташування мобільного комплексу), розвідки і оперативного визначення ступеня небезпеки осередків радіоактивного зараження і автоматичної передачі параметрів моніторингу в радіусі до 100 км.

Система територіального радіаційного контролю (СТРК) здатна безперервно визначати радіаційний фон на контрольованій території, повідомляти органи управління і населення про перевищення контрольних рівнів потужності дози.

Рухома лабораторія радіаційної розвідки (РЛРР) дозволяє вимірювати потужність дози, проводити відбір проб аерозолів, ґрунту, води [12].

3.2.2. Системи контролю радіаційної безпеки житлових і службових приміщень

Система радіаційного контролю приміщень «Віконт» - забезпечує безперервний контроль за рівнем гамма-випромінювання, контроль несанкціонованих переміщень радіоактивних джерел, експрес-аналіз радіоактивних забруднень предметів і проб навколишнього середовища.

Комплект обладнання для радіоекологічного контролю стану житла і виробничих приміщень «Рекс-АЛЬФА» дозволяє вимірювати значення еквівалентної рівноважної концентрації радону в досліджуваному повітрі,

знаходити джерела гамма і бета-випромінювання, вимірювати еквівалентну потужність дози фотонного випромінювання і т.п.

3.2.3. Системи контролю радіаційної безпеки експлуатації ядерних енергетичних установок

Система радіаційного контролю СРК (АКРБ-08) здійснює контроль активності в технологічних середовищах, контроль викидів і скидів, контроль радіаційної обстановки на промисловому майданчику об'єкта.

Апаратура захисту за технологічними параметрами (АЗТПА) дозволяє сповіщати з допомогою аварійних сигналів при відхиленні значень технологічних параметрів реактора за допустимі межі і т.п. [13].

3.3 Прилади радіаційного контролю

Для виявлення та вимірювання радіоактивних випромінювань використовуються різні дозиметричні прилади, які забезпечують:

- проведення радіаційної розвідки - визначення рівня забруднення радіонуклідами місцевості і об'єктів навколишнього середовища;
- контроль радіоактивного забруднення продовольства, води, техніки, обладнання і т.п. ;
- визначення наведеної радіоактивності в опромінених нейтронними потоками предметах, технічних засобах, ґрунті;
- контроль опромінення людей - вимір поглиненої або експозиційної дози випромінювання, отриманої людьми.

Прилади радіаційного контролю можна розділити на індикатори - сигналізатори, радіометри, спектрометри, дозиметри.

Індикатори - сигналізатори - найпростіші вимірювально-сигнальні пристрої, що дозволяють виявити радіоактивне забруднення різних поверхонь (шкіри людини, взуття, одягу і т.п.) і приблизно оцінити деякі

характеристики випромінювань. Детекторами в них найчастіше є газорозрядні лічильники (лічильники Гейгера).

Індикатор-сигналізатор ЗІЗ-03 призначений для виявлення зовнішнього гамма-випромінювання і оцінки потужності еквівалентної дози, для контролю радіаційної обстановки [14].

Індикатор-сигналізатор СИГ-РМ 120 8 М виконаний у вигляді наручного годинника і здатний здійснювати радіаційний контроль в цілодобовому режимі.

Радіометри - вимірювачі радіоактивності з газорозрядними, сцинтиляційними або іншими детекторами, призначені для виявлення і визначення ступеня забруднення поверхонь об'єктів, обладнання, транспорту, шкірних покривів людини шляхом визначення величини щільності потоку частинок або квантів і об'ємної активності рідких і сипучих матеріалів. (СРП-98, СРП-97, СРП-88).

Рентгенометри - різновид радіометрів, службовців для вимірювання потужності гамма-випромінювання.

Рентгенометри - радіометри використовують для визначення рівня радіації на місцевості і забрудненості радіонуклідами різних поверхонь і обсягів. наприклад, прилад ДП-5В (А, Б) - базова модель, на зміну якій прийшов ІМД-5. для рухливих коштів створено бортовий рентгенометр ДП-3Б, а також вимірники потужності дози ІМД-21, ІМД-22 і ін. Це основні прилади радіаційної розвідки.

Спектрометри - прилади, призначені для вимірювання та реєстрації енергетичного спектра іонізуючих випромінювань. Вони класифікуються по виду випромінювань (альфа, бета-, гамма-, нейтронні спектрометри), за принципом дії і за конструктивними особливостями. За допомогою спектрометрів фіксується наявність у навколишньому середовищі радіоактивного забруднення техногенного характеру. При цьому визначається тип ізотопів і їх активність.

Найбільшого поширення набули гамма-спектрометри, які дозволяють розділяти гамма-випромінювання техногенного та природного походження.

Спектрометричний комплекс УСК Гамма-Плюс - базовий прилад для оснащення лабораторій радіаційного контролю. Він дозволяє визначати вміст радіонуклідів в продуктах харчування і харчовій сировині, об'єктах ветеринарного нагляду, воді, будівельних і інших матеріалах.

Гамма-бета-спектрометр МКС-АТ1315 - призначений для визначення питомої активності радіонуклідів цезію-137, стронцію-90 в пробах об'єктів навколишнього середовища; питомої активності природних радіонуклідів калію-40, радію-226, торію-232 в будівельних матеріалах.

Інші спектрометри: «Гамма-1С-LT», MSPS-40 Ge », « Проспект-СРН », СКЗ-50 і ін.

Дозиметри - прилади для вимірювання дози (потужності дози) іонізуючого вивчення або енергії, що передається опромінюється. Дозиметри складаються з трьох основних частин: детектора, радіотехнічної схеми і вимірювального пристрою. Детектор - чутливий елемент дозиметра або радіометра, службовець для перетворення явищ, викликаних іонізуючим випромінюванням, в електричний або інший сигнал, легко доступний для виміру. Таким елементом може бути іонізаційна камера (прямо показує індивідуальний дозиметр ДДГН-02 або ДДГ 01д, схожий на авторучку з віконцем в торці), сцинтилятор (геологічний пошуковий радіометр СРП-88), лічильник Гейгера (Радіометр ДП-12, побутові комбіновані дозиметри «Белла», «Сосна», «Експерт», «Прип'ять» (дозволяють вимірювати м'які бета-випромінювання), РКСБ-104 (радіометр з можливістю роботи в черговому режимі) та ін. [13].

Професійні дозиметри крім вимірювання дози можуть визначати активність радіонукліда в будь-якому зразку: предмет, рідини, газі і т.п. Дозиметри - радіометри здатні вимірювати щільність потоку іонізуючих випромінювань на радіоактивність різних предметів або оцінки радіаційної обстановки на місцевості. Сучасні професійні дозиметри-радіометри

дозволяють за характером і енергетичного спектру випромінювання видавати відомості про випромінюють ізотопі.

Побутові дозиметричні прилади призначені для оцінки населенням радіаційної обстановки на місцевості, у житлових і службових приміщеннях. Деякі з них дозволяють визначати забруднення продуктів харчування і води. Оцінку радіоактивного забруднення (питомої або об'ємної активності) проводять методом прямого виміру на відстані 1-5 см від поверхні досліджуваного об'єкта масою не менше 1 кг або об'ємом не менше 1 літра по різниці результатів вимірів об'єкта і радіаційного фону. Побутові дозиметри дають можливість вимірювати потужність дози в тому місці, де знаходиться прилад (в руках людини, на ґрунті і т.п.)

Побутові дозиметри розрізняються за кількома показниками:

- типу реєстрованих випромінювань - тільки гамма, або гамма і бета-випромінювань;
- типу блоку детектування - лічильник Гейгера або сцинтиляційний кристал / пластмаса;
- кількості газорозрядних лічильників (1-4);
- розміщення блоку детектування (вбудований або виносний);
- наявності цифрового або звукового індикатора;
- габаритам, вазі і іншим параметрам.

В даний час використовуються десятки побутових дозиметричних приладів, з яких найбільш вдалимими моделями є ДРГ-01Т «Белла» і «Сосна». Діапазон їх вимірювань від 10 до 10 тис. мкР / год. Вони легко реєструють цезій-137, що випускає гамма-кванти і бета-частинки. Інші представники побутових дозиметрів: РКСБ-104 «Майстер», ДКГ-03 «Грач», ОКР-РМ 1203 «Полімастер» (дозиметр - наручний годинник) [5-7].

Дозиметричні прилади, як правило, є комбінованими (радіометри-дозиметри, рентгенометри-радіометри, дозиметри-радіометри та ін.), які дозволяють вимірювати різні фізичні величини - радіометричні дозиметричні і спектрометричні. Крім того, вони можуть бути стаціонарними, побутовими

та переносними як для ведення радіаційної розвідки, так і для радіаційного контролю [3].

4 ПРИНЦИП ТА РОБОТА ІНФОРМАЦІЙНОГО ТАБЛО ІТ-09, СТАЦІОНАРНОГО ДОЗИМЕТРУ

З появою в нашому світі ядерної зброї і атомних електростанцій, людство отримало в свої руки могутню зброю. У разі застосування противником ядерної та хімічної зброї, а також при аваріях на підприємствах атомної та хімічної промисловості радіоактивному зараженню піддаються повітря, місцевість і розташовані на ній споруди, техніка, майно. Радіаційна обстановка може бути виявлена і оцінена методом прогнозування. Це так звана передбачувана, або прогнозована, обстановка. Прогнозування здійснюється на основі встановлених закономірностей: масштабів і характеру радіоактивного зараження місцевості, від потужності і виду ядерного вибуху, виду отруйних речовин і засобів його доставки, а також від метеорологічних умов. Так, щоб дізнатися, чи безпечно перебувати на певній ділянці місцевості, не піддавшись радіаційного зараження, або дізнатися поглинену дозу радіації, проводять радіаційну розвідку місцевості, вимірюють дозу поглинутої радіації. Для того щоб провести радіаційну розвідку місцевості, необхідні спеціальні прилади, наприкладі вимірювача-сигналізатора СРК-АТ2327 [10].

Вимірювач-сигналізатор СРК-АТ2327 забезпечує побудову гнучкої і надійної багатоканальної стаціонарної системи, призначеної для проведення контролю радіаційної обстановки на території радіаційно-небезпечних та радіаційно-чутливих об'єктів, територій і приміщень, проведення радіаційного моніторингу навколишнього середовища.

Вимірювач-сигналізатор будується на основі інтелектуальних блоків детектування (БД) гамма-випромінювання БДКГ-02, БДКГ-04, БДКГ11/1, БДКГ-27 і нейтронного випромінювання БДКН-02, БДКН-04.

БД - повністю самостійні прилади, що здійснюють вимірювання потужності дози гамма-і нейтронного випромінювання і щільності потоку нейтронів з інтервалом 2 секунди і керуючі звуковий і світловою сигналізацією, призначеною для оповіщення персоналу про виникненні

радіаційної небезпеки. Інформація з БД передається на пульт управління (ПУ) по інтерфейсу RS485 або в персональний комп'ютер (ПК) по інтерфейсів RS232 або USB (через інтерфейсний адаптер). На ПУ відображаються значення вимірюваної величини в точці контролю будь-якого обраного БД і реальний час. перевищення граничних рівнів або відмова будь-якого компонента системи супроводжуються звуковим і світловим сигналами із зазначенням на табло ПУ зони критичної ситуації. ПУ забезпечує установку порогів для кожного БД, контроль стану БД, корекцію годин реального часу, захист паролем заданих функцій, перегляд історій зміни потужності дози і перевищення встановлених граничних рівнів в кожній контрольній точці [10].

До кожного БД може бути підключено інформаційне табло для відображення результатів вимірювання, попереджувальних повідомлень і інформації про поточний час і температурі навколишнього середовища. При організації системи з використанням ПК, програмне забезпечення дозволяє робити налаштування і зміна конфігурації системи, зчитування даних і їх аналіз. На екран комп'ютера виводиться план контрольованого об'єкта і значення потужності дози гамма-випромінювання в контрольованих точках, які представляються в вигляді графіків і таблиць. Перевищення граничних рівнів на БД системи або відмова будь-якого компонента системи відображаються на екрані і супроводжуються звуковими сигналами [11].

4.1 Інформаційне табло ІТ-09, стаціонарний дозиметр

4.1.1 Опис і робота призначення табло

Інформаційне табло ІТ-09 рис. 4.1 відображає інформацію про потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання. Дані передаються від блоку детектування гамма-випромінювання БДБГ-09, що входить в комплект поставки. Інформаційне табло ІТ-09 з блоком детектування БДБГ-09 і програмним забезпеченням RadMonitor дозволяють створити автоматизовану

систему для цілодобового безперервного моніторингу радіаційного фону. Відображає інформацію про потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання. Дані передаються від блоку детектування гамма-випромінювання БДБГ-09, що входить в комплект поставки. Інформаційне табло ІТ-09 з блоком детектування БДБГ-09 і програмним забезпеченням RadMonitor дозволяють створити автоматизовану систему для цілодобового безперервного моніторингу радіаційного фону. Для комплексного контролю за об'єктами табло з блоками можна розміщувати як зовні, так і всередині. Відстань між табло та блоком може досягати 50 м. Всі дані безперервно передаються на персональний комп'ютер, що дозволяє централізовано стежити за всіма об'єктами [15].



Рис 4.1 - Інформаційне табло ІТ-09, стаціонарний дозиметр

Табло відноситься до засобів відображення інформації і не є засобом виміральної техніки. Блок детектування БДБГ-09 (ТУ У 33.2-22362867-009:2004) занесене до Державного реєстру засобів виміральної техніки за номером У2071-05.

Призначення

Відображення результатів вимірювання потужності еквівалентної дози (ПЕД) гамма-випромінювання, отриманих від блоку детектування гамма-випромінювання БДБГ- 09. Звукова і світлова сигналізації при перевищенні порогових рівнів ПЕД гамма-випромінювання.

Галузі застосування:

- радіологічні лабораторії;
- сховища радіоактивних відходів;
- медицина;
- металургія та заготівля металобрухту;
- атомна енергетика.

4.1.2 Технічні характеристики

Основні технічні дані та характеристики табло наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1- Основні технічні дані та характеристики табло

Назва	Одиниця вимірювань	Нормовані значення за технічними вимогами
1 Діапазон відображення значень ПЕД гамма-випромінювання	мкЗв/год	0,01 - 10 ⁷
2 Кількість цифрових розрядів для відображення значення ПЕД гамма-випромінювання	шт.	3
3 Час установлення робочого режиму табло, не більше	хв	1
4 Час безперервної роботи	год	24 (режим цілодобовий безперервний)
5 Напруга живлення від адаптера живлення	В	від 12 до 16

Примітка - Номінальна напруга живлення 15 В		
6 Струм споживання, не більше	А	0,4
7 Габаритні розміри табло, не більше	мм	348 x 135 x 40
8 Довжина з'єднувального кабелю для під'єднання блока детектування БДБГ-09	м	від 10 до 50 (в залежності від замовлення)
9 Маса табло без адаптера живлення, кабелю і блока детектування БДБГ-09, не більше	кг	0,95

В табло передбачені можливість програмування трьох порогових рівнів в діапазоні від 0,01 мкЗв/год до 9,99 Зв/год з дискретністю 0,01 мкЗв/год і подача звукової сигналізації перевищення порогових рівнів з різним звучанням для кожного з порогових рівнів та візуальна сигналізація: зміна кольору висвічування результату вимірювання ПЕД гамма-випромінення. Відображення виміряної ПЕД гамма-випромінення здійснюється одночасно та безперервно [15].

Табло відповідає наступним умовам експлуатування:

- температура повітря - від мінус 20 °С до +50 °С;
- відносна вологість повітря - до 95 % за температури 35 °С та більш низьких температурах без конденсування вологи;
- атмосферний тиск - від 84 кПа до 106,7 кПа.

Виносний блок детектування БДБГ-09 з комплекту табло відповідає наступним умовам експлуатування:

- температура повітря - від мінус 40 °С до +60 °С;
- відносна вологість - до 100 % за температури +40 °С і більш низьких

температурах з конденсуванням вологи;

- атмосферний тиск від 84 кПа до 106,7 кПа.

Виносний блок детектування БДБГ-09 з комплекту табло допускає розміщення у відкритому зовнішньому середовищі на відстані до 50м від табло (при спеціальному замовленні до 1200 м). Середній строк служби табло не менше ніж 10 років.

В комплект постачання табло входять вироби і експлуатаційна документація, що наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2- Комплект постачання

Позначення	Найменування	К-сть	Примітка
ВІСТ.468382.014	Інформаційне табло ІТ-09	1	
	Адаптер живлення	1	Модель не регламентується
ВІСТ.468382.019 НЕ	Настанова щодо експлуатування	1	
ВІСТ.418266.008	Блок детектування гамма- випромінювання БДБГ-09	1	З кронштейном
ВІСТ.418266.006 НЕ	Настанова щодо експлуатування	1	
ВІСТ.418266.006 ФО	Формуляр	1	
ВІСТ.685621.004-01	Кабель з'єднувальний *	1	Від 10 м до 50м
	Комплект монтажних частин (КМЧ) **	1	
ВІСТ.411915.003	Пакування	1	
* Довжина кабелю уточнюється при замовленні			
** КМЧ поставляється у складі: дюбель FIX-K-08 KOELNER - 4 шт., шуруп з шайбою WPF-4240 KOELNER - 4 шт., дюбель FIX з шурупом під ключ 10/660 KOELNER - 2 шт.			

4.1.3 Побудова табло та принцип його роботи

Загальні відомості

Зовнішній вигляд табло і складових частин комплексу його постачання зображено на рисунках 4.1, 4.2 та 4.3. Табло (у відповідності до рисунка 4.1) виконане у металевому пило-вологозахищеному корпусі. Ступінь захисту оболонки - IP51. На його передній панелі розміщені всі цифрові та світлодіодні індикатори та кнопки управління. На правій боковій стінці корпусу табло розташовані роз'єми для підключення табло до зовнішніх пристроїв та подачі живлення. Живлення табло здійснюється від адаптера живлення (рисунок 2), який перетворює змінну напругу 220 В 50 Гц в постійну напругу 15 В [15].

На рисунку 4.2 показаний блок детектування БДБГ-09 (1) з кабелем з'єднувальним (2).

Опис конструкції табло

Корпус табло (рисунок 1) складається з трубоподібного профілю (1) та двох кришок: лівої (2) та правої (3). Для закріплення табло на вертикальній площині передбачені чотири кронштейни (4).



Рисунок 4.2 - Зовнішній вигляд табло

На передній панелі (5) розміщені:

- цифровий індикатор вимірюної ПЕД (6) зі світлодіодними індикаторами розмірності (7);
кнопки ПОРІГ (8) та РЕЖИМ (9).

На правій боковій кришці корпусу табло розташований роз'єм (10) для підключення кабелю з'єднувального блока детектування БДБГ-09, роз'єм (11) кабелю з'єднувального ПК та роз'єм (12) адаптера живлення.



Рисунок 4.3 - Зовнішній вигляд адаптера живлення



Рисунок 4.4 - Зовнішній вигляд блока детектування з кабелем з'єднувальним

Робота табло

Структурна схема табло зображена на рисунку 4. Табло складається зі схеми цифрової обробки (СЦО), цифрового індикатора вимірюної ПЕД зі світлодіодним індикатором розмірності (ЦІ ПЕД), гучномовця, кнопок РЕЖИМ і ПОРІГ, двох приймачів-передавачів ПП1 RS485 та ПП2 RS485 інтерфейсу RS485. СЦО побудована на базі 16-ти розрядного мікроконтролера серії MSP430.

Через ПП1 RS485, СЦО формує запит та отримує результати вимірювання ПЕД від блока детектування БДБГ-09. Отримані результати вимірювання виводяться на ЦІ ПЕД. СЦО також порівнює результати вимірювання ПЕД з запрограмованими пороговими рівнями. При перевищенні якогось з порогових рівнів СЦО видає звуковий сигнал за допомогою гучномовця. При перевищенні одного з порогових рівнів символи на ЦІ ПЕД починають мигати, а при перевищенні другого або третього порогового рівня символи на ЦІ ПЕД змінюють колір з зеленого на червоний.

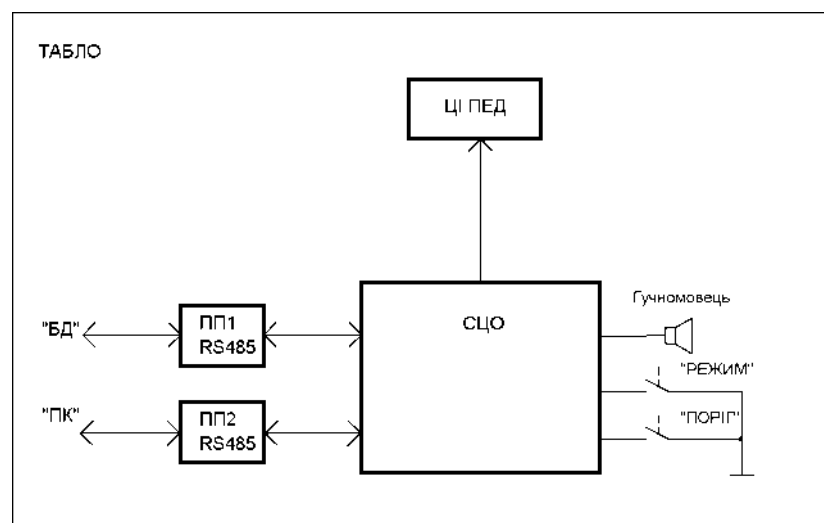


Рисунок 4.5 - Структурна схема табло

4.2 Використання за призначенням

4.2.1 Експлуатаційні обмеження для табло

Експлуатаційні обмеження для табло наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 - Експлуатаційні обмеження

Назва обмежувальної	Параметри обмежувальної
1 Температура	Від мінус 20 °C до +50 °C
2 Відносна вологість	До 95 % за температури 35
3 Дія фотонного	ПЕД до 100 Зв/год протягом

Перед початком роботи необхідно уважно з розташуванням та призначенням кнопок управління.

Під'єднати адаптер живлення до роз'єму табло, який позначено символами "+15 В". За допомогою кабелю ВІСТ.685621.004-01 під'єднати блок детектування БДБГ-09 до роз'єму табло, який позначено символом "БД". Увімкнути адаптер живлення в мережу напругою (220 ± 22) В. Табло повинно увімкнутись протягом 5 с [15].

Монтаж комплекту табло

Монтаж табло та блока детектування БДБГ-09 і прикріплення їх до бетонних і цегляних стін приміщення здійснюється за допомогою кріпильних елементів, що входять до складу комплекту монтажних частин. У інших випадках кріплення здійснюється відповідними деталями.

Табло необхідно кріпити до вертикальної стіни в місці, що забезпечує відсутність безпосереднього потрапляння на табло атмосферних опадів на віддалі до розетки живлення „~220В 50Гц” не більше, ніж довжина кабелю від адаптера живлення.

Для захисту від негативної дії зовнішніх електромагнітних завад необхідно забезпечити надійне заземлення корпусу табло під'єднанням зовнішнього заземляючого провідника до клеми заземлення.

Блок детектування БДБГ-09 необхідно кріпити до вертикальної стіни на зовнішній (фасадній) стороні будівлі або у приміщенні. Попередньо необхідно здійснити кріплення кронштейна гачком догори. Потім на нього надіти блок детектування та під'єднати з'єднувальний кабель.

Перелік можливих неполадок і методи їх усунення

Перелік можливих неполадок і методи їх усунення зазначені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Перелік можливих неполадок і методи їх усунення

Тип неполадки, зовнішній прояв і додаткові ознаки	Імовірна причина неполадки	Метод усунення неполадки
---	----------------------------	--------------------------

Табло не вмикається	1 Не підключений кабель адаптера живлення 2 Обрив у кабелі адаптера живлення	1 Підключити адаптер живлення до табло 2 Усунути обрив у кабелі адаптера живлення
Повідомлення “Er1” на індикаторі ПЕД	Вийшов з ладу високо-чутливий лічильник блока детектування БДБГ-09	Замінити високочутливий лічильник блока детектування БДБГ-09
Повідомлення “Er2” на індикаторі ПЕД	Вийшов з ладу низько-чутливий лічильник блока детектування БДБГ-09	Замінити низькочутливий лічильник блока детектування БДБГ-09
Повідомлення “Er3” на індикаторі ПЕД	1 До табло не підключений блок детектування БДБГ-09 2 Пошкоджено з'єднувальний кабель між табло та блоком детектування БДБГ-09 3 Вийшов з ладу блок детектування БДБГ-09	1 Підключити блок детектування БДБГ-09 до табло 2 Замінити з'єднувальний кабель 3 Замінити блок детектування БДБГ-09

Застосування табло

Усі роботи із застосуванням табло повинні проводитись відповідно до вимог, що викладені в таких документах:

- “Норми радіаційної безпеки України” (НРБУ-97)”,
- “Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України” (ОСПУ-2005).

На поверхні табло відсутні напруги, що небезпечні для життя. Табло відповідає вимогам ДСТУ 7237:2011 в частині захисту людини від ураження електричним струмом III класу безпеки згідно з ГОСТ 12.2.007.0-75.

Для забезпечення в табло захисту від випадкового дотику до струмопровідних частин застосовується захисна оболонка.

Ступінь захисту оболонки - IP51 згідно з ГОСТ 14254-96.

Табло відповідає вимогам ГОСТ 12.1.004-91, ГОСТ 12.2.007.0-75 пожежної безпеки.

Безпосереднє застосування табло небезпеки для обслуговуючого персоналу та навколишнього середовища не несе.

У випадку забруднення радіаційними речовинами табло підлягає дезактивації методом протирання його зовнішніх поверхонь марлевим тампоном, змоченим штатним дезактивуючим засобом. Утилізування табло повинна проводитися за групою 4 ДСанПіН 2.2.7.029-99: метали на переробку (переплавку), пластмасові деталі на звалище (сміттєзвалище) [15].

4.2.2 Режими роботи табло

Табло має наступні режими роботи:

- відображення виміряних ПЕД гамма-випромінення;
- перегляд порогових рівнів;
- зміна значень порогових рівнів.

Після увімкнення табло завжди починає працювати в режимі відображення виміряних ПЕД гамма-випромінення.

Для переходу в режим перегляду порогових рівнів необхідно натиснути кнопку ПОРІГ та відпустити її (орієнтовно через 8 - 10с) після появи на індикаторі ПЕД символів „ПР.Х” зеленого кольору, де „Х”- мигаюча цифра від 1 до 3 - номер порогового рівня. Короточасні натискання кнопки ПОРІГ змінюють номер порогового рівня на 1, а короточасне натискання кнопки РЕЖИМ виводить на індикатор ПЕД значення цього порогового рівня. Індикація значення ПЕД відбувається до наступного натискання кнопки РЕЖИМ.

Якщо в цьому режимі не натискати кнопки протягом 10 с, то табло завершує режим перегляду порогових рівнів та повертається в режим відображення виміряних ПЕД гамма-випромінення.

Для переходу в режим зміни значень порогових рівнів необхідно натиснути одночасно кнопки ПОРІГ і РЕЖИМ та утримувати їх в такому стані (близько 10 с) до відображення на індикаторі ПЕД символів „ПР.Х” червоного кольору, де „Х”- мигаюча цифра від 1 до 3 - номер порогового рівня. Після цього кнопки відпустити. Наступні короточасні натискання кнопки ПОРІГ змінюють номер порогового рівня на 1, а короточасне

натискання кнопки РЕЖИМ дозволяє змінити значення цього порогового рівня. При цьому на індикатор ПЕД виводяться молодші цифрові розряди значення цього порогового рівня, а молодший цифровий розряд індикатора ПЕД мигає. Це свідчить про можливість зміни значення цього цифрового розряду.

Зміна значення порогового рівня відбувається наступним чином. Послідовні короточасні натискання та відпускання кнопки ПОРІГ змінюють значення мигаючого розряду на одиницю. Короточасне натискання кнопки РЕЖИМ фіксує значення мигаючого розряду та починає мигання наступного розряду, що дозволяє змінювати його. Після введення перших трьох цифр значення порогового рівня, цифри на індикаторі ПЕД починають зсуватись зліва направо, що дозволяє введення старших цифрових розрядів значення порогового рівня [15].

Після введення значення самої старшої цифри на індикатор ПЕД короточасно виводяться символи „SAV”, що свідчить про збереження нового значення порогового рівня в енергонезалежній пам'яті. Після цього на індикатор ПЕД знову виводяться символи „ПР.Х” червоного кольору, що дозволяє перейти до зміни значення іншого порогового рівня.

Програмування значень інших порогових рівнів відбувається аналогічно за описаною вище методикою.

Для виходу з режиму зміни значень порогових рівнів необхідно натиснути одночасно кнопки ПОРІГ і РЕЖИМ та відпустити їх.

Якщо в режимі зміни значень порогових рівнів не натискати кнопки протягом 80 с, то табло завершує цей режим та повертається в режим відображення виміряних ПЕД гамма-випромінення [15].

ВИСНОВКИ

З бакалаврської роботи видно, що забезпечення радіаційної безпеки в Україні, як і інших державах, є першочерговим завданням всієї системи національної безпеки.

В роботі також було розглянуте інформаційне табло ІТ-09, призначення та принцип його дії.

1) Інформаційне табло ІТ-09 з блоком детектування БДБГ-09 дозволяють створити автоматизовану систему для цілодобового безперервного моніторингу радіаційного фону.

2) Інформаційне табло застосовується у багатьох галузях таких як: радіологічні лабораторії; сховища радіоактивних відходів; медицина; металургія та заготівля металобрухту; атомна енергетика, що являється важливим аспектом у радіаційній безпеці. Його призначення є відображення результатів вимірювання потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання. Звукова і світлова сигналізації при перевищенні порогових рівнів ПЕД гамма-випромінювання.

3) Інформаційне табло ІТ-09 широко застосовується в радіологічних лабораторіях тому, що науковці і дослідники, які працюють в потенційно небезпечному середовищі, повинні володіти інформацією про своє дозове навантаження. Також протягом довгого часу табло успішно застосовується на атомних електростанціях України, Франції, Болгарії, Кореї та інших країн світу для контролю особистої безпеки працівників, постійного моніторингу радіаційної ситуації як назовні, так і всередині, виявлення та локалізації джерел гамма-, бета-, альфа- та нейтронного випромінень.

З викладених матеріалів випливає, що ми в нашому житті дуже часто стикаємося з радіаційно-небезпечних об'єктами, що несуть в собі небезпеку радіоактивного зараження навколишнього середовища і радіаційного ураження населення. Уявлення про місцезнаходження таких об'єктів, виробничих процесах, здійснюваних на цих об'єктах, можливих аварійних

ситуаціях, способах їх попередження та шляхи ліквідації необхідні всім людям, і тим більше фахівців, які забезпечують безпеку життєдіяльності. Ці знання тим більше необхідні в світлі останніх рішень про інтенсивний розвиток в нашій країні (як і в усьому світі) атомної енергетики.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Батлук В.А. Радіаційна екологія : навч. посіб. – Київ : Знання, 2009. 309 с.
2. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика (ионизирующие излучения) / под ред. В.К. Мазурика, М.Ф. Ломанова. — Москва : Физматлит, 2004. 448 с.
3. Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений. — Москва : Энергоатомиздат, 1995. 496 с.
4. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) ДГН 6.6.1-6.5.001-98.- Київ: МЗУ, 1998.1 35 с.
5. Кухлахмедов Ю.О., Корогодін В.І., Кольтовер В.К. Основи радіоекології : навч. Посіб.- Київ: Вища шк., 2003. 319 с.
6. Іванов Є.А. Радіоекологічні дослідження: Навч. посібник.- Львів: Видавничий центр ЛНУ ім.. Івана Франка , 2004. 149 с.
7. Соколов А.С. Система охорони здоров'я та безпеки робітників агропромислового комплексу в умовах радіоактивного забруднення території: Навч. посібник .- Київ: ІПДО НУХТ, 2005. 67 с.
8. Мархоцкий, Я.Л. Основы радиационной безопасности населения : учеб. пособие – Минск : Высш. шк., 2011. 224 с.
9. Давиденко В.М. Радіобіологія - Миколаїв: Видав. МДАУ, 2011. - 265 с.
- 10.Ефремов, С.В. Радиационная и химическая защита : учеб. пособие / С. В. Ефремов. – Санкт-Петербург : СПб ГПУ, 2005. 218 с.
- 11.Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Конспект лекцій. - Одеса: ОДЕКУ, 2003.
12. Герасимов О.І. Основи радіаційної безпеки. Конспект лекцій. - Одеса, ОДЕКУ, 2014.65 с.
13. Андріанова І. С. Радіаційна безпека: Конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ 2017. 51 с.

14. Кузнецов В.М, Никитин В.С., Хвостова М.С. Радиоэкология и радиационная безопасность. — Москва : ООО "НИПКЦ Восход-А", 2011. 1208 с.
15. ІНФОРМАЦІЙНЕ ТАБЛО ІТ-09 Настанова щодо експлуатування ВІСТ.468382.019 НЕ