

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. Потебні

Кафедра електроніки, інформаційних систем
та програмного забезпечення
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему: Дослідження та розробка приладу для вимірювання рівня іонізуючого
випромінювання

Виконав: студент II курсу, групи 8.1531
спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка
(код і назва спеціальності)
освітньої програми Мікроелектронні інформаційні
системи
(код і назва освітньої програми)
Рибка Костянтин Сергійович
(ініціали та прізвище)

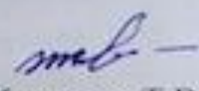
Керівник доцент кафедри ЕІСПЗ, доцент, к.т.н.,
Небеснюк Оксана Юріївна
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент генеральний директор ТОВ «Омега, ЛТД»
Шевченко Тамара Василівна
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНИ

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 153 «Мікро- та наносистемна техніка»
(код і назва)
Освітня програма Мікроселектронні інформаційні системи
(код і назва)
Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ 
Завідувач кафедри Критська Т.В.
" " " 2022 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Рибці Костянтину Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи (проекту) Дослідження та розробка приладу для контролю іонізуючого випромінювання
керівник роботи Небеснюк О.Ю., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затвержені наказом ЗНУ від "02" 06 2022 року № 597-с
- Строк подання студентом роботи 01.11.2022
- Вихідні дані до роботи дозиметр: лічильника Гейгера типу СБМ-20-1, мікроконтролера АТМega8, вимірювання бета, гамма та рентгенівського випромінювання, керування з клавіатури, акустичне оповіщення
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Теоретичні аспекти впливу радіоактивного випромінювання на біологічні об'єкти. 2. Дослідження впливу іонізуючого випромінювання на організм людини та розробка приладу для вимірювання рівня радіаційного випромінювання. 3. Техніко-економічне обґрунтування. 4. Охорона праці та техногенна безпека.
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Проникаюча здатність та методи реєстрації іонізуючого випромінювання.
2. Структура та дози опромінення в Україні. Чутливість органів людини до ІВ

3. Дози опромінення, їх ефект та вплив на організм людини. 4. Блок-схема запропонованого дозиметра. 5. Результати моделювання елементів схеми. 6. Друковані плати дозиметра та клавіатури. 7. 3D модель приладу та дизайну корпусу. 8. Схема електрична принципова дозиметра.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
I	Небеснюк О.Ю., доцент	01.10.2021	28.01.2022
II	Небеснюк О.Ю., доцент	01.02.2022	29.09.2022
III	Небеснюк О.Ю., доцент	03.10.2022	17.10.2022
IV	Небеснюк О.Ю., доцент	18.10.2022	01.11.2022

7 Дата видачі завдання 01.10.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Підбір та аналіз матеріалу за темою кваліфікаційної роботи	11.10-30.12.2021	
2	Написання та оформлення 1 розділу	10.01-28.01.2022	
3	Проведення дослідження впливу іонізуючого випромінювання на організм людини	01.02-31.03.2022	
4	Розробка дозиметра	04.04-31.08.2022	
5	Написання та оформлення 2 розділу	01.09-29.09.2022	
6	Написання та оформлення 3 розділу	03.10-17.10.2022	
7	Написання та оформлення розділу охорони праці та техногенної безпеки	18.10-24.10.2022	
8	Оформлення пояснювальної записки та виконання креслень	25.10-01.11.2022	

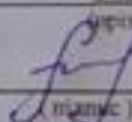
Студент


(підпис)

Рибка К.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту)


(підпис)

Небеснюк О.Ю.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер


(підпис)

Верьовкін Л.Л.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить: 100 стор., 33 рис., 24 табл., 1 додаток, 35 джерел літератури.

Об'єкт дослідження - радіоактивне випромінювання та прилади для вимірювання ефективної дози або потужності іонізуючого випромінювання за деякий проміжок часу

Ціль роботи - дослідити вплив радіоактивного випромінювання на біологічні об'єкти та розробити дозиметр.

Задачі роботи - дослідити параметри та характеристики випромінювання та вплив на біологічні об'єкти; провести аналіз конструкцій та принципу роботи приладів ефективної дози та потужність іонізуючого випромінювання та розробити структурну схему дозиметра; розробити прилад для вимірювання ефективної дози та потужність іонізуючого випромінювання.

Методика дослідження - проектування в програмних середовищах Sprint-Layout 6.0, Multisim, Proteus 7.8, Ltspice, SP7.0.

Короткий виклад результатів досліджень – розроблено дозиметр, що дозволяє провести точне вимірювання іонізуючого випромінювання, має низьку вартість, РК дисплей, світло-акустичне оповіщення та невеликі габаритні розміри.

Прогнозні пропозиції – запропонований прилад може бути використаний в побуті та на виробництві для контролю рівня радіації.

ДОЗИМЕТР, ІОНІЗУЮЧЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ, ТРАНЗИСТОР, ЛІЧИЛЬНИК ГЕЙГЕРА, МІКРОКОНТРОЛЛЕР, РАДІАЦІЯ,

Кваліфікаційна робота виконана в Інженерному навчально-науковому інституті ім.Ю.М. Потебні, ЗНУ на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення в період з 01.09.2021 по 12.12.2022.

Зміст

Вступ.....	6
1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ РАДІАКТИВНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ’ЄКТИ	7
1.1 Радіоактивність. Види радіоактивних випромінювань.....	7
1.2 Основні джерела радіоактивного забруднення навколишнього середовища.....	13
1.3 Вплив радіаційного випромінювання на живі організми.....	19
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ ТА РОЗРОБКА ПРИЛАДУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ РАДІАЦІЙНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ.....	33
2.1.1 Вплив радіації на організм.....	33
2.1.2 Вплив іонізуючого випромінювання на тканині організму.....	39
2.2 Реакція людини на опромінення.....	40
2.2.1 Граничні рівні гострої поразки.....	40
2.2.2. Ракові захворювання.....	44
2.2.3 Генетичні наслідки опромінення.....	52
2.3 Розробка дозиметра.....	55
2.3.1 Розробка вузлів дозиметра. Блок схема.....	55
2.3.2 Вибір мікроконтролера	57
2.3.3 Розробка схеми електричної принципової	60
2.3.4 Розробка печатної плати.....	65
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	68
3.1 Огляд дозиметрів.....	68
3.2 Порівняльний аналіз дозиметрів за критеріями.....	75
3.3 Розрахунок витрат на елементи електричної схеми.....	80
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	82

4.1	Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	82
4.2	Заходи з поліпшення умов праці та виробнича санітарія.....	83
4.3	Заходи електробезпеки.....	87
4.4	Техногенна безпека.....	90
	Висновки та рекомендації.....	95
	Література	96
	Додаток А.....	99

ВСТУП

Явище радіоактивності було відкрито в 1896 році французьким вченим Анрі Беккерелем. В наш час воно широко використовується в науці, техніці, медицині, промисловості. Радіоактивні елементи природного походження присутні всюди в навколишньому середовищі. У більших обсягах утворюються штучні радіонукліди, головним чином у якості побічного продукту на підприємствах оборонної промисловості й атомної енергетики. Потрапляючи в навколишнє середовище вони виявляють впливи на живі організми, у чому й полягає їх небезпека.

Для правильної оцінки цієї небезпеки необхідно чітке уявлення про масштаби забруднення навколишнього середовища, про вигоди, які приносять виробництва, основним або побічним продуктом яких є радіонукліди, і втратах, пов'язаних з відмовою від цих виробництв, про реальні механізми дії радіації, наслідках і існуючих заходах захисту.

З кожним роком у світі поширюються ядерні технології і, як наслідок, збільшується кількість людей, які працюють в умовах професійного опромінення. В той же час, за останні десятиріччя на ядерних об'єктах відбувся ряд аварій, що призвели до забруднення радіонуклідами довкілля і опромінення населення. Дана проблема стала життєво важливою для України після Чорнобильської катастрофи – найбільшої техногенної аварії в історії людства – коли постраждало більше 3,5 млн. її населення [1].

Наразі, під час військових дій на території України, дуже активно обговорюється питання щодо наслідків застосування ядерної зброї у світі. Тому питання контролю рівня радіоактивності та своєчасного попередження населення про можливу небезпеку є достатньо актуальним питанням.

1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ РАДІАКТИВНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ

1.1 Радіоактивність. Види радіоактивних випромінювань

Термін «радіація» використовується в тих випадках, коли мова йде про випромінювання, здатне створювати процес іонізації в речовині. Іонізуючими називають ті випромінювання, які при проходженні через речовину, в тому числі і тканини організму, викликають іонізацію і збудження атомів й молекул середовища, утворюючи іони - частинки з негативними і позитивними електричними зарядами.

Існує багато видів випромінювання: інфрачервоне, ультрафіолетове, теплове та інші. Однак здатність іонізуватися в речовині мають альфа-і бета-частинки, нейтронне, гамма-і рентгенівське випромінювання.

Радіоактивні елементи супроводжують життя на Землі з самого моменту її зародження. Людина, як будь-який живий організм, постійно, піддавалася і піддається впливу природної радіації, зумовленої наявністю в земній корі, повітрі, воді, харчових продуктах радіоактивних ізотопів природного походження. Уникнути природного опромінення зовсім неможливо.

Радіоактивність - це випускання ядрами деяких елементів різних частинок, що супроводжується переходом ядра в інший стан і зміною його параметрів. Явище радіоактивності було відкрито дослідним шляхом французьким ученим Анрі Беккерелем в 1896 р. для солей урану. Беккерель помітив, що солі урану засвічують загорнений в багато шарів фотопапір невидимим проникаючим випромінюванням. Англійський фізик Е. Резерфорд досліджував радіоактивне випромінювання в електричних і магнітних полях і

відкрив три складові цього випромінювання, які були названі α -, β -, γ -випромінюванням (рис. 1.1).

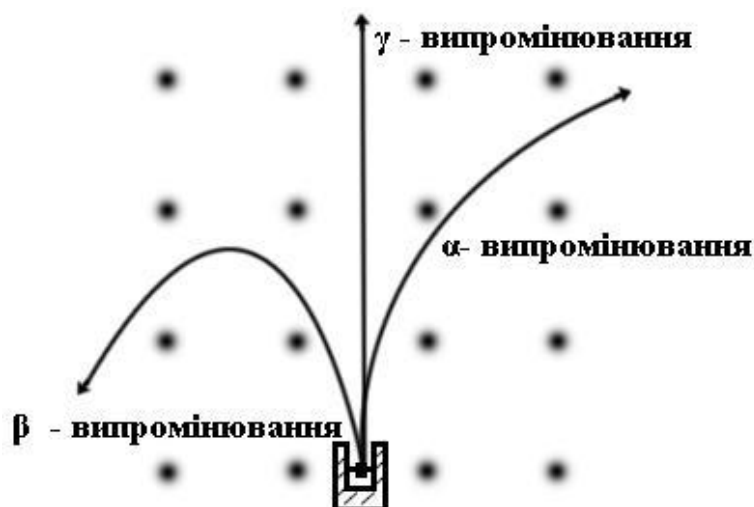


Рисунок 1.1- Відхилення радіоактивного випромінювання під впливом електричних и магнітних полів[1]

Радіоактивність підрозділяють на природну (спостерігається у нестійких ізотопів, що існують у природі) та штучну (спостерігається у ізотопів, отриманих за допомогою ядерних реакцій).

Радіоактивне випромінювання поділяють на кілька типів:

Альфа-випромінювання - являє собою потік альфа-частинок, відхиляється електричним і магнітними полями, має високу іонізуючою здатністю і малу проникаючу здатністю, що розповсюджуються з початковою швидкістю близько 20 тис.км/с. Іонізуюча здатність альфа-випромінювання величезна, а так як на кожен акт іонізації витрачається певна енергія, то його проникаюча здатність незначна: довжина пробігу альфа-частинок з енергією 4 меВ в повітрі становить 2.5 см, а в біологічній тканині лише 31 мкм а в рідких і твердих середовищах - соті частки міліметра. Аркуш цупкого паперу повністю затримує їх. Надійним захистом від альфа-частинок є також одяг людини.

Оскільки альфа-випромінювання має найбільшу іонізуючу, але найменшу проникаючу здатність, зовнішнє опромінення альфа-частинками

практично нешкідливе, Альфа-випромінюючі нукліди становлять велику небезпеку при надходженні всередину організму через органи дихання і травлення, відкриті рани та опікові поверхні,

Бета-випромінювання - потік бета-частинок, відхиляється електричним і магнітним полями; його іонізуюча здатність значно менше (приблизно на два порядки), а проникаюча здатність набагато більше, ніж у α -частинок; являє собою потік швидких електронів, які в залежності від енергії випромінювання можуть поширюватися з швидкістю, близькою до швидкості світла (300 тис. км / с). Пробіг бета-частинок в повітрі може досягати декількох метрів, а в біологічній тканині декількох сантиметрів. Так пробіг електронів з енергією 4 меВ в повітрі становить 17.8 м, біологічній тканині 2.6 см, воді до 3 см, металі - до 1 см. На практиці бета-частинки майже повністю поглинає віконне або автомобільне скло і металеві екрани товщиною в кілька міліметрів. Одяг поглинає до 50% бета-частинок.

При зовнішньому опроміненні організму на глибину близько 1 мм проникає 20-25% бета-частинок. Тому зовнішнє бета-опромінення становить серйозну небезпеку лише при попаданні радіоактивних речовин безпосередньо на шкіру (особливо на очі) або ж всередину організму. Так, після Чорнобильської аварії спостерігалися бета-опіки ніг за 50-100 км від АЕС (наприклад, в м. Народичі Житомирської області). Тому місцевому населенню не рекомендувалося ходити по землі босоніж [1].

Гамма-випромінювання - це електромагнітне випромінювання, не відхиляється електричним і магнітними полями, володіє відносно слабкою іонізуючою здатністю і дуже великою проникаючою здатністю випромінювання ядрами атомів при радіоактивних перетвореннях. Воно, як правило, супроводжує бета-розпад, рідше альфа-розпад. За своєю природою гамма-випромінювання являє собою електромагнітне поле з довжиною хвилі $5 * 10^{-3}$ см. Воно випускається окремими порціями (квантами) і розповсюджується зі швидкістю світла. Іонізуюча здатність його значно менше, ніж у бета-частинок і тим більше у альфа-частинок. Зате гамма-

випромінювання має найбільшу проникаючу здатність і в повітрі може поширюватися на сотні метрів. Для ослаблення його енергії в два рази необхідний шар речовини (шар половинного ослаблення) товщиною: води - 23 см, сталі - близько 3см, бетону - 10см, дерева - 30 см. Через найбільшою проникаючою здатність гамма-випромінювання є найважливішим чинником вражаючої дії радіоактивного випромінювання при зовнішньому опроміненні. Відмивним захистом від гамма-випромінювання є важкі метали, наприклад свинець, який для цих цілей використовується найбільш часто. На рисунку 1.2-1.5 показано проникаючу здатність α , β , γ , n - випромінювання [2]. На рис.1.6 представлені методи реєстрації іонізуючого випромінювання.



Рисунок 1.2 - Проникаюча здатність α , β , γ , n - випромінювання



Рисунок 1.3 - Проникаюча здатність α , β , γ , n - випромінювання



Рисунок 1.4 - Проникаюча здатність α, β, γ, n - випромінювання



Рисунок 1.5 - Проникаюча здатність α, β, γ, n - випромінювання



Рисунок 1.6 - Методи реєстрації іонізуючого випромінювання

Нейтронне випромінювання - являє собою потік нейтронів, швидкість поширення яких досягає 20 тис.км/с. Так як нейтрони не мають електричного заряду, вони легко проникають в ядра атомів і захоплюються ними. При ядерному вибуху велика частина нейтронів виділяється за короткий проміжок часу. Вони легко проникають в живу тканину і захоплюються ядрами її атомів. Тому нейтронне випромінювання має сильну вражаючу дію при зовнішньому опроміненні. Кращими захисними матеріалами від них є легкі матеріали, що містять водень: поліетилен, парафін, вода та ін.

Рентгенівські випромінювання (ікс-промені) були відкриті першими з усіх іонізуючих випромінювань і найбільш добре вивчені. У них та ж фізична природа (електромагнітне поле) і ті ж властивості, що й у гамма-випромінювань. Їх розрізняють насамперед за способом отримання, та на відміну від гамма-променів вони мають не ядерне походження. Випромінювання отримують в спеціальних вакуумних рентгенівських трубках при гальмуванні (ударі об спеціальну мішень) швидко летючих електронів.

Енергія квантів рентгенівських променів дещо менше, ніж гамма-випромінювання більшості радіоактивних ізотопів; відповідно трохи нижче їх проникаюча здатність. Однак це другорядні розходження. Тому рентгенівські промені широко використовують замість гамма-випромінювання, зокрема для експериментального опромінення тварин, насіння рослин і т. п. З цією метою застосовують рентгенівські установки для опромінення (просвічування) людей.

Кращими захисними матеріалами від рентгенівських променів є важкі метали і зокрема свинець.

В останні десятиліття з'явилася можливість отримувати електромагнітні випромінювання високої енергії за допомогою прискорювачів заряджених частинок. Таке синхротронне випромінювання має ті ж властивості, що й рентгенівське і гамма-випромінювання.

1.2 Основні джерела радіоактивного забруднення навколишнього середовища

Природні джерела радіації

Уникнути опромінення іонізуючим випромінюванням неможливо. Життя на Землі виникло та продовжує свій розвиток в умовах постійного опромінення.

Радіаційний фон Землі складається із трьох компонентів :

- космічне випромінювання;
- випромінювання від розсіяних у земній корі, повітрі й інших об'єктах зовнішнього середовища природних радіонуклідів;
- випромінювання від штучних (техногенних) радіонуклідів.

Опромінення за критерієм місця розташування джерел випромінювання ділиться на зовнішнє й внутрішнє. Зовнішнє опромінення обумовлене джерелами, розташованими поза тілом людини. Джерелами зовнішнього опромінення є космічне випромінювання й наземні джерела. Джерелом внутрішнього опромінення є радіонукліди, що перебувають в організмі людини [3].

Космічне випромінювання

Космічне випромінювання складається із часток, захоплених магнітним полем Землі, галактичного космічного випромінювання й корпускулярного випромінювання Сонця. До його складу входять в основному електрони, протони й альфа-частинки. Це так зване первинне космічне випромінювання, взаємодіючи з атмосферою Землі, породжує вторинне випромінювання. У результаті на рівні моря випромінювання полягає майже повністю з нейтронів.

Поглинена потужність дози космічного випромінювання в повітрі на рівні моря рівна 32 нГр/година й формується в основному мюонами. Для нейтронів на рівні моря потужність поглиненої дози становить 0.8 нГр/година й потужність еквівалентної дози становить 2.4 нЗв/година. За рахунок

космічного випромінювання більшість населення одержує дозу, рівну близько 0.35 мЗв у рік.

Космічне зовнішнє опромінення зазнає вся поверхня Землі. Однак опромінення це нерівномірне. Інтенсивність космічного випромінювання залежить від сонячної активності, географічного положення об'єкта й зростає з висотою над рівнем моря. Найбільше інтенсивно воно на Північному й Південному полюсах, менш інтенсивно в екваторіальних областях. Причина цього - магнітне поле Землі, що відхиляє заряджені частки космічного випромінювання. Найбільший ефект дії космічного зовнішнього опромінення пов'язаний із залежністю космічного випромінювання від висоти представлено на рисунку 1.7.

Сонячні спалахи представляють більшу радіаційну небезпеку під час космічних польотів. Космічні промені, що йдуть від Сонця, в основному складаються із протонів широкого енергетичного спектра (енергія протонів до 100 мЗв). Заряджені частки від Сонця здатні досягати Землі через 15-20 хв після того, як спалах на його поверхні стає видимою. Тривалість спалаху може досягати декількох годин.

Величина дози радіоактивного опромінення, що одержується людиною, залежить від географічного місця розташування, способу життя й характеру праці. Наприклад на висоті 8 км потужність ефективної дози становить 2 мкЗв/година, що приводить до додаткового опромінення при авіаперевезеннях.

При трансконтинентальному перельоті на звичайному турбогвинтовому літаку, що летить зі швидкістю нижче швидкості звуку ($T_{\text{полета}} \approx 7.5$ години), індивідуальна доза, яку одержує пасажир (50 мкЗв), на 20 % більше, ніж доза, що отримує пасажиром надзвукового літака ($T_{\text{полета}} \approx 2.5$ години) (40 мкЗв), хоча останній зазнає більш інтенсивне опромінення через більшу висоту польоту. Колективна ефективна доза від глобальних авіаперевезень досягає 104 чол-Зв, що становить на душу населення у світі в середньому близько 1 мкЗв за рік, а в Північній Америці близько 10 мкЗв.

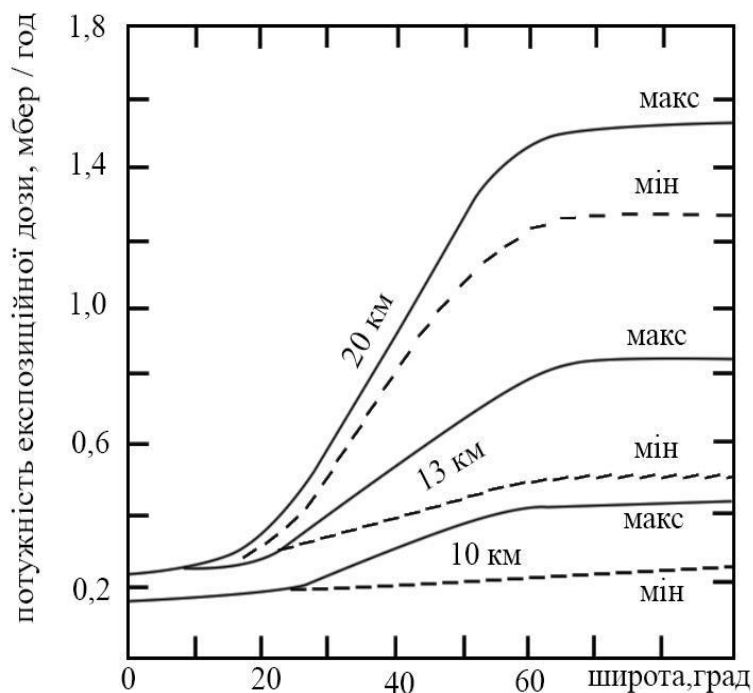


Рисунок 1.7 - Величина сонячного випромінювання під час максимальної й мінімальної активності сонячного циклу залежно від висоти місцевості над рівнем моря й географічної широти[4]

Зовнішнє опромінення від радіонуклідів земного походження

У цей час на Землі збереглися 23 радіоактивних елемента з періодами напіврозпаду від 107 років і вище. Фізичні характеристики деяких з них представлено в таблиці 1.1[4]

Таблиця 1.1 - Радіоактивні ізотопи, споконвічно присутні на Землі

Радіоактивні ізотопи, споконвічно присутні на Землі			
Радіонукл ід	Ваговий зміст у земній корі	Період напіврозпаду років	Тип розпаду
Уран-238	$3 \cdot 10^{-6}$	$4,5 \cdot 10^9$	α -розпад
Торій-232	$8 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{10}$	α -розпад, γ -розпад
Калій-40	$3 \cdot 10^{-16}$	$1,3 \cdot 10^9$	β -розпад, γ -розпад

Продовження таблиці 1.1

Ванадій- 50	$4,5 * 10^{-7}$	$5 * 10^{14}$	γ-розпад
Рубідій- 87	$8,4 * 10^{-5}$	$4,7 * 10^{10}$	β-розпад
Індій-115	$1 * 10^{-7}$	$6 * 10^{14}$	β-розпад
Лантан- 138	$1,6 * 10^{-8}$	$1,1 * 10^{11}$	β-розпад, γ-розпад
Самарій- 147	$1,2 * 10^{-6}$	$1,2 * 10^{11}$	α-розпад
Лютецій- 176	$3 * 10^{-8}$	$2,1 * 10^{10}$	β-розпад, γ-розпад

Радіація від джерел, створених людиною

В результаті діяльності людини в зовнішньому середовищі з'явилися штучні радіонукліди й джерела випромінювання. В природному середовищі стали надходити в більших кількостях природні радіонукліди, які надходять надр Землі разом з вугіллям, газом, нафтою, мінеральними добривами, будівельними матеріалами. Сюди відносять геотермічні електростанції, що створюють у середньому викид близько $4 \cdot 10^{14}$ Бк ізотопа ^{222}Rn на 1 ГВт електроенергії що виробляється; фосфорні добрива, містять ^{226}Ra и ^{238}U (до 70 Бк/кг в Кольському апатиті и 400 Бк/кг у фосфориті); вугілля, яке використовується в будівлях і електростанціях, має природні радіонукліди ^{40}K , ^{232}U и ^{238}U в рівновазі з їх продуктами розпаду. Роль штучних джерел випромінювання в створенні радіаційного фону представлено в таблиці.1.2.

За останні кілька десятиліть людина створила кілька тисяч радіонуклідів і почала використовувати їх у наукових дослідженнях, у техніці, медичних цілях і ін. Це приводить до збільшення дози опромінення, що одержує як

окрема людина, так і населенням у цілому. Іноді опромінення за рахунок джерел, створених людиною, виявляється в тисячі раз інтенсивніше, чим від природних джерел.

Таблиця 1.2 - Середньорічні дози, що одержує людина від природного радіаційного фону й різних штучних джерел випромінювання [4]

Середньорічні дози, , що одержує людина від природного радіаційного фону й різних штучних джерел випромінювання	
Джерело випромінювання	Доза, мБер/рік
Природний радіаційний фон	200
Будматеріали	140
Атомна енергетика	0.2
Медичні дослідження	140
Ядерні випробування	2.5
Польоти в літаках	0.5
Побутові предмети	4
Телевізори й монітори ЕОМ	0.1
Загальна доза	500

У цей час основний внесок у дозу від джерел, створених людиною, вносить зовнішнє радіоактивне опромінення при діагностиці й лікуванні. У розвинених країнах на кожну тисячу населення доводяться від 300 до 900 таких обстежень у рік не враховуючи масової флюорографії й рентгенологічних обстежень зубів.

У даний час основними джерелами радіоактивного забруднення навколишнього середовища є: уранова промисловість, яка займається видобутком, переробкою, збагаченням і приготуванням ядерного палива.

Основною сировиною для цього пального є уран-235. Аварійні ситуації можуть виникнути при виготовленні, зберіганні та транспортуванні тепловиділяючих елементів (твелів). Однак ймовірність їх незначна; ядерні реактори різних типів, в активній зоні яких зосереджені великі кількості радіоактивних речовин; радіохімічна промисловість, на підприємствах якої виробляється регенерація (переробка і відновлення) відпрацьованого ядерного палива. Вони періодично скидають стічні радіоактивні води, хоча і в межах допустимих концентрацій, але тим не менше в навколишньому середовищі неминуче можуть накопичуватися радіоактивні забруднення. Крім того, деяка кількість радіоактивного газоподібного йоду (йод-131) таки потрапляє в атмосферу; місця переробки та захоронення радіоактивних відходів через випадкові аварії, пов'язані з руйнуванням сховищ, також можуть явитися джерелами забруднення навколишнього середовища; використання радіонуклідів у народному господарстві у вигляді закритих радіоактивних джерел в промисловості, медицині, геології, сільському господарстві та інших галузях. При нормальному зберіганні та використанні цих джерел забруднення навколишнього середовища малоімовірне. Проте останнім часом з'явилася певна небезпека у зв'язку з використанням радіоактивних джерел у космічних дослідженнях та астронавтики. При запуску ракет-носіїв, а також при посадці супутників і космічних кораблів можливі аварійні ситуації. Так, при аварії Челенджера (США) згоріли радіонуклідні джерела струму, що працюють на стронцій-90. Також відбулося забруднення атмосфери над Індійським океаном в червні 1969 р., коли згорів американський супутник, на якому генератор струму працював на плутонії-238. Тоді в атмосферу потрапили радіонукліди з активністю 17 тис. кюрі.

Разом з тим найбільше забруднення навколишнього середовища все ж створює мережу радіоізотопних лабораторій (які є в дуже багатьох країнах

світу), що займаються використанням радіонуклідів у відкритому вигляді для наукових і виробничих цілей. Скиди радіоактивних відходів у стічні води навіть при концентраціях, менше допустимих, з плином часу призведуть до поступового накопичення радіонуклідів у зовнішньому середовищі; ядерні вибухи і радіоактивне забруднення місцевості що виникає після вибуху (можуть бути як локальні, так і глобальні випадіння радіоактивних опадів). Масштаби та рівні радіоактивних забруднень при цьому залежать від типу ядерних боєприпасів, виду вибухів, потужності заряду, топографічних і метеорологічних умов.

Серед природних радіонуклідів найбільший внесок (більш 50%) у сумарну дозу опромінення несе радон і його дочірні продукти розпаду (у т.ч. радій).

Небезпека радону полягає в його широкому поширенні, високої проникаючій здатності і міграційній рухливості (активності), розпаду з утворенням радію й інших високоактивних радіонуклідів. Період напіврозпаду радону порівняно невеликий і складає 3,823 доби. Радон важко ідентифікувати без використання спеціальних приладів, тому що він не має кольору чи запаху.

Одним з найважливіших аспектів радонової проблеми є внутрішнє опромінення радоном: продукти, які утворюються при його розпаді у виді дрібних часток проникають в органи дихання, і їхнє існування в організмі супроводжується альфа-випромінюванням.

1.3 Вплив радіаційного випромінювання на живі організми

Різні види випромінювання попадають на поверхню Землі з космосу, або надходять від радіоактивних речовин, що знаходяться в земній корі, причому земні джерела відповідальні в середньому за 5/6 річних ефективних

еквівалентних доз які отримує населення, в основному внаслідок внутрішнього опромінення.

Рівні радіаційного випромінювання неоднакові для різних областей. Так, Північний і Південний полюси більш, ніж екваторіальна зона, піддані впливу космічних променів через наявність у Землі магнітного поля, що відхиляє заряджені радіоактивні частки. Крім того, чим більше віддалення від земної поверхні, тим інтенсивніше космічне випромінювання.

Іншими словами, проживаючи в гірських районах і постійно користуючись повітряним транспортом, ми піддаємося додатковому ризику опромінення. Люди, що живуть вище 2000м над рівнем моря, одержують у середньому через космічні промені ефективну еквівалентну дозу в кілька разів більшу, ніж ті, хто живе на рівні моря. При підйомі з висоти 4000м (максимальна висота проживання людей) до 12000м (максимальна висота польоту пасажирського авіатранспорту) рівень опромінення зростає в 25 разів. Зразкова доза за рейс Нью-Йорк – Париж за даними НКДАР ООН у 1985 році складала 50 мікроЗівертів за 7,5 годин польоту.

Усього за рахунок використання повітряного транспорту населення Землі одержувало в рік ефективну еквівалентну дозу близько 2000 люд-Зв.

Існує кілька шляхів надходження радіоактивних речовин в організм: при вдиханні повітря, забрудненого радіоактивними речовинами, через заражену їжу чи воду, через шкіру, а також при зараженні відкритих ран. Найбільш небезпечний перший шлях, оскільки по-перше, обсяг легеневої вентиляції дуже великий, а по-друге, значення коефіцієнта засвоєння в легенях більш високі.

Випромінювання радіоактивних речовин оказує дуже сильний вплив на всі живі організми. Навіть порівняно слабке випромінювання, яке при повному поглинанні підвищує температуру тіла лише на $0,001^{\circ}\text{C}$, порушує життєдіяльність клітин.

При попаданні радіоактивних речовин в організм будь-яким шляхом вони вже через кілька хвилин виявляються в крові. Якщо надходження

радіоактивних речовин було однократним, то концентрація їх у крові спочатку зростає до максимуму, а потім протягом 15-20 доби знижується.

В органах і тканинах біологічних об'єктів як і в будь-якому середовищі при опроміненні в результаті поглинання енергії йдуть процеси іонізації і збудження атомів. Ці процеси лежать в основі біологічної дії випромінювань. Його мірою служить кількість поглиненої в організмі енергії.

У реакції організму на опромінення можна виділити чотири фази. Тривалість перших трьох швидких фаз не перевищує одиниць мікросекунд, протягом яких відбуваються різні молекулярні зміни. У четвертій повільній фазі ці зміни переходять в функціональні і структурні порушення в клітинах, органах і організмі в цілому.

Перша, фізична фаза іонізації і збудження атомів триває 10-13 сек.

В другій, хіміко-фізичній фазі, що протікає 10-10 сек утворюються високоактивні в хімічному відношенні радикали, які, взаємодіючи з різними сполуками, дають початок вторинним радикалам, які мають значно більші порівняно з первинними терміни життя.

У третій, хімічній фазі, що триває 10 сек, радикали що утворилися, вступають в реакції з органічними молекулами клітин, що призводить до зміни біологічних властивостей молекул.

Описані процеси перших трьох фаз є первинними і визначають подальший розвиток променевого ураження.

У наступній за ними четвертій, біологічній фазі хімічні зміни молекул перетворюються в клітинні зміни. Найбільш чутливим до опромінення є ядро клітини, а найбільші наслідки викликає ушкодження ДНК, що містить спадкову інформацію. У результаті опромінення в залежності від величини поглиненої дози клітина гине або стає неповноцінною у функціональному відношенні. Час протікання четвертої фази дуже різний і в залежності від умов може розтягнутися на роки чи навіть на все життя.

Різні види випромінювань характеризуються різною біологічною ефективністю, що пов'язано з відмінностями в їх проникаючій здатності і

характером передачі енергії органам і тканинам живого об'єкта, що складається в основному з легких елементів в таблиці 1.1.

В основі ушкоджуючої дії іонізуючих випромінювань лежить комплекс взаємопов'язаних процесів. Іонізація та збудження атомів і молекул дають початок утворенню високоактивних радикалів, що вступають в подальшому в реакції з різними біологічними структурами клітин. У шкідливій дії радіації важливе значення мають можливий розрив зв'язків в молекулах за рахунок безпосередньої дії радіації та внутрішньо-і міжмолекулярної передачі енергії збудження. Фізико-хімічні процеси, що протікають на початкових етапах, прийнято вважати первинними - пусковими. У подальшому розвиток променевого ураження проявляється в порушенні обміну речовин зі зміною відповідних функцій органів. Мало диференційовані, молоді та зростаючі клітини найбільш радіочутливим. Тваринні і рослинні організми характеризуються різною радіочутливістю, причини якої досі повністю ще не з'ясовані. Як правило, найменш чутливі одноклітинні рослини, тварини і бактерії, а найбільш чутливі - ссавці тварини і людина. Різниця в чутливості до радіації має місце у окремих осіб одного і того ж виду. Вона залежить від фізіологічного стану організму, умов його існування та індивідуальних особливостей. Більш чутливі до опромінення новонароджені та старі особи. Різного роду захворювання, вплив інших шкідливих факторів негативно позначається на перебігу радіаційних пошкоджень. Зміни, які розвиваються в органах і тканинах опроміненого організму, називають соматичними. Розрізняють ранні соматичні ефекти, для яких характерна чітка дозова залежність, і пізні - до яких відносять підвищення ризику розвитку пухлин (лейкозів), вкорочення тривалості життя і різного роду порушення функції органів. Специфічних новоутворень, властивих тільки іонізуючої радіації, немає. Існує тісний зв'язок між дозою, виходом пухлин і тривалістю латентного періоду. Зі зменшенням дози частота пухлин падає, а латентний період збільшується. У віддалені терміни можуть спостерігатися і генетичні (вроджені каліцтва, порушення, що передаються в спадщину), пошкодження,

які поряд з пухлинними ефектами є стохастичними. В основі генетичних ефектів опромінення лежить пошкодження клітинних структур, що відають спадковістю - статевих яєчників і сім'яників. Проміжне місце між соматичними та генетичними пошкодженнями займають ембріотоксичні ефекти - вади розвитку - наслідки опромінення плоду. Плід вельми чутливий опроміненню, особливо в період органогенезу (на 4-12 тижнях вагітності у людини). Особливо чутливим є мозок плоду (в цей період відбувається формування кори). Радіація дуже небезпечна для людей і для подальшого продовження роду. Так, наприклад, ймовірність захворіти на рак легенів на кожен одиницю дози опромінення для шахтарів уранових рудників в 4-7 разів вище, ніж для людей, які пережили атомне бомбардування. Отже проблема розробки засобів захисту від радіації дуже актуальна в наш час. І хоча в матеріалах деяких обстежень міститься висновок про те, що в опромінених батьків більше шансів народити дитину з синдромом дауна, інші дослідження цього не підтверджують. Кілька насторожує повідомлення про те, що у людей, які отримують малі дози опромінення, дійсно спостерігається підвищений вміст клітин крові з хромосомними порушеннями. Згідно з оцінками, отриманими при першому підході, доза в 1 Гр. Отримана при низькому рівні радіації тільки особами чоловічої статі, індукує появу від 1000 до 2000 мутацій, що призводять до серйозних наслідків, і від 30 до 1000 хромосомних аберацій на кожен мільйон живих немовлят. Оцінки, отримані для особин жіночої статі, набагато менш визначені, але явно нижче; це пояснюється тим, що жіночі статеві клітини менш чутливі до дії радіації. Згідно з орієнтовними оцінками, частота мутацій становить від 0 до 900, а частота хромосомних аберацій від 0 до 300 випадків на мільйон живих немовлят [5].

Дози випромінювання і одиниці їх виміру.

Дія іонізуючих випромінювань являє собою складний процес. Ефект опромінення залежить від величини поглиненої дози, її потужності, виду випромінювання, обсягу опромінення тканин і органів. Для його кількісної оцінки введені спеціальні одиниці, які діляться на позасистемні й одиниці в

системі СИ. Зараз використовуються переважно одиниці системи СИ. Нижче в таблиці 1.3 надано перелік одиниць виміру радіологічних величин і проведене порівняння одиниць системи СИ й позасистемних одиниць.

Активність радіонукліда в джерелі (A):

Активність дорівнює відношенню числа мимовільних ядерних перетворень у цьому джерелі за малий інтервал часу (dN) до величини цього інтервалу (dt):

$$A = dN/dt$$

Одиниця активності в системі СІ - Беккерель (Бк).

Несистемна одиниця - Кюрі (Ки).

Експозиційна доза (X).

В якості кількісної міри рентгенівського γ -випромінювання прийнято використовувати під позасистемною одиницею експозиційну дозу, яка визначається зарядом вторинних частинок (dQ), що утворюються в масі речовини (dm) при повному гальмуванні всіх заряджених частинок:

$$X = dQ / dm$$

Одиниця експозиційної дози - Рентген (Р). Рентген - це експозиційна доза рентгенівського і γ -випромінювання, що створює в 1 куб.см повітря при температурі 0 ° С і тиску 760 мм рт.ст. сумарний заряд іонів одного знаку в одну електростатичну одиницю кількості електрики.

Таблиця 1.3 - Основні радіологічні величини й одиниці [5]

Основні радіологічні величини й одиниці			
Величина	Найменування й позначення одиниці виміру		Співвідношення між одиницями
	Позасистемні	СІ	
Активність нукліда, А	Кюрі (Ки, Ci)	Беккерель (Бк, Bq)	$1 \text{ Ки} = 3.7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ $1 \text{ Бк} = 1 \text{ расп/з}$ $1 \text{ Бк} = 2.7 \cdot 10^{-11} \text{ Кт}$

Продовження таблиці 1.3

Експозиційна доза, X	Рентген (Р, R)	Кулон/кг (Кл/кг, C/kg)	1 Р=2.58 * 10 ⁻⁴ Кл/кг 1 Кл/кг=3.88 * 10 ³ Р
Поглинена доза, D	Радій (радій, rad)	Грей (Гр, Gy)	1 радій=10 ⁻² Гр 1 Гр=1 Дж/кг
Еквівалентна доза, H	Бер (бер, rem)	Зіверт (Зв, Sv)	1 бер=10 ⁻² Зв 1 Зв=100 бер
Інтегральна доза випромінювання	Радій-Грам (радій·г, rad·g)	Грей- кг (Гр·кг, Gy·kg)	1 радій·г=10 ⁻⁵ Гр·кг 1 Гр·кг=10 ⁵ рад·г

Поглинання енергії іонізуючого випромінювання є первинним процесом, що дає початок послідовності фізико-хімічних перетворень в опроміненій тканині, що приводить до радіаційного ефекту. Тому природно співставити ефект з кількістю поглиненої енергії або поглиненої дози.

Поглинута доза (D) - основна дозиметрична величина. Вона дорівнює відношенню середньої енергії dE , переданої іонізуючим випромінюванням речовині в елементарному об'ємі, до маси dm речовини в цьому об'ємі:

$$D = dE/dm$$

Одиниця поглиненої дози - Грей (Гр). Позасистемна одиниця Радій визначалася як поглинена доза будь-якого іонізуючого випромінювання, що дорівнює 100 ерг на 1 грам опроміненої речовини.

Еквівалентна доза (H).

Для оцінки можливого збитку здоров'ю людини в умовах хронічного опромінення в області радіаційної безпеки введено поняття еквівалентної дози H , що дорівнює добутку поглиненої дози D_r , створеної опроміненням - r і усередненої по органу або по всьому організму, на ваговій множник w_r (коефіцієнт якості випромінювання)

$$H = \sum_r w_r D_r$$

Зниження потужності дози випромінювання зменшує біологічний ефект.

Відмінності пов'язані з можливістю відновлення пошкодженого опроміненням організму. Зі збільшенням потужності дози значимість відновних процесів знижується. Поглинута доза випромінювання вимірюється енергією іонізуючого випромінювання, переданого масі, що опромінюється. Одиниця поглиненої дози - грей (Гр), що дорівнює 1 джоуль, поглинений 1 кг речовини (1 Гр = 1 Дж/кг = 100 рад) Ефект біологічної дії випромінювань залежить також від просторового розподілу поглиненої енергії, яка характеризується лінійною передачею енергії (ЛПЕ), що враховується при оцінці різних видів випромінювання показником відносної біологічної ефективності (ВБЕ). При цьому ОБЕ рентгенівського і g-випромінювання приймають рівною 1[6].

$$\text{ВБЕ} = \frac{\text{Доза рентгенівського випромінювання (180–250 кеВ) викликає даний ефект}}{\text{Поглинута доза будь-якого іншого виду випромінювання, що викликає такий же ефект}}$$

Відносної біологічної ефективності залежить не тільки від ЛПЕ випромінювань, але і від ряду фізичних і біологічних факторів, наприклад, від величини дози, кратності опромінення та ін. За пропозицією Міжнародної комісії з радіологічних одиниць, показник відносної біологічної ефективності для оцінки різних видів випромінювання використовується тільки в радіобіології. Для вирішення завдань радіаційного захисту запропоновано коефіцієнт якості випромінювання k , що залежить від лінійної передачі енергії. У галузі радіаційної безпеки для оцінки можливого збитку здоров'ю людини при хронічному опроміненні введено поняття еквівалентної дози H , яка дорівнює добутку поглиненої дози D на середній коефіцієнт якості іонізуючого випромінювання k в даному елементі об'єму біологічної тканини:

$$H = Dk$$

Одиниця еквівалентної дози – Зиверт (Зв), дорівнює 1 Дж/кг (1 Зв = 100 Бэр).

При визначенні еквівалентної дози іонізуючого випромінювання використовують наступні значення коефіцієнта якості:

Для оцінки збитку здоров'ю людини при нерівномірному опроміненні введено поняття ефектною еквівалентної дози H_{eff} , що застосовується при оцінці можливих стохастичних ефектів - злоякісних новоутворень:

$$H_{eff} = \sum W_T H_T$$

де H_T - середнє значення еквівалентної дозування в органі чи тканині; W_T - зважений коефіцієнт, що дорівнює відношенню збитку опромінення органу або тканини до збитку опромінення всього тіла при однакових еквівалентних дозах.

Людина постійно піддається впливу невеликого радіаційного фону (0,08-0,3 мкЗв / год). Такий рівень радіації вважається допустимим. У таблиці 1.5 наведені основні джерела радіаційного опромінення та ефективні еквівалентні дози, мкЗв / год.

Небезпека різних радіоактивних елементів для людини визначається спроможністю організму їх поглинати і накопичувати.

Значення коефіцієнтів W_T для різних органів і тканин наведені в таблиці 1.4:

Таблиця 1.4 - Поразка органів при опроміненні всього тіла, при однакових еквівалентних дозах

Органи людини	
Орган	Доза опромінення(1Дж/кг)
Гонади (статеві залози)	0,2
Продовження таблиці 1.4	
Червоний кістковий мозок	0,12

Товстий кишечник	0,12
Шлунок	0,12
Легені	0,12
Сечовий міхур	0,05
Печінка	0,05
Стравохід	0,05
Щитовидна залоза	0,05
Шкіра	0,01
Клітини кісткових поверхонь	0,01
Головний мозок	0,025
Решта тканин	0,05
Організм в цілому	1

Радіоактивні ізотопи надходять всередину організму з пилом, повітрям, їжею або водою і поводять себе по-різному: деякі ізотопи розподіляються рівномірно в організмі людини (третій, вуглець, залізо, полоній), деякі накопичуються в кістках (радій, фосфор, стронцій), інші залишаються в м'язах (калій, рубідій, цезій), накопичуються в щитовидній залозі (йод), у печінці, нирках, селезінці (рутений, полоній, ніобій) тощо.

Найсильнішого впливу зазнають клітини червоного кісткового мозку, щитовидна залоза, легені, внутрішні органи, тобто органи, клітини яких мають високий рівень поділу. При одній і тій самій дозі випромінювання у дітей вражається більше клітин, ніж у дорослих, тому у дітей всі клітини перебувають у стадії поділу [7].



Рисунок 1.8 - Чутливість органів людини до іонізуючого випромінювання

Вплив радіаційного випромінювання на живий організм викликає в ньому різні оборотні і необоротні біологічні зміни. Ці зміни діляться на дві категорії - соматичні (викликані безпосередньо у людини) і генетичні (що виникають у нащадків).

Багаторазове опромінення слабше діє на живий організм в порівнянні з однократним опроміненням в тій же дозі. Відомо, що після серії дрібних доз більшість органів мають можливість відновитися. У таблиці 1.6 наведені дані одноразового впливу гамма-випромінювання на організм людини.

Для оцінки збитку від стохастичних ефектів впливів іонізуючих випромінювань на персонал або населення використовують колективну еквівалентну дозу S , що дорівнює добутку індивідуальних еквівалентних доз на число осіб, які зазнали опромінення. Одиниця колективної еквівалентної дози - людино-Зіверт (люд.-Зв).

Ефекти, викликані дією іонізуючих випромінювань (радіації), систематизуються за видами ушкоджень і часом прояву. За видами ушкоджень

їх поділяють на три групи: соматичні, соматико-стохастичні (випадкові, ймовірні), генетичні. За часом прояву виділяють дві групи - ранні (або гострі) і пізні.

Таблиця 1.5 - Основні джерела радіаційного опромінення і ефективні еквівалентні дози, мкЗв/год[8]

Річні ефективні еквівалентні дози, мкЗв / рік	
Космічне випромінювання	32
Опромінення від будматеріалів та на місцевості	37
Внутрішнє опромінення	37
Радон-222, радон-220	126
Медичні процедури	169
Випробування ядерної зброї	1,5
Ядерна енергетика	0,01
Всього	400

Таблиця 1.6 - Дані одноразового впливу гамма-випромінювання на організм людини

Одноразовий вплив гамма-випромінювання	
100 Зв	смерть настає через кілька годин або днів внаслідок ушкодження центральної нервової системи
10-50 Зв	смерть настає через 1-2 тижні внаслідок внутрішніх крововиливів
4-5 Зв	50% опромінених вмирає протягом 1-2 місяців внаслідок ураження клітин кісткового мозку
1 Зв	нижній рівень розвитку променевої хвороби
0,75 Зв	короткочасні незначні зміни складу крові

Продовження таблиці 1.6

0,25 Зв	припустиме аварійне опромінення персоналу (разове)
0,1 Зв	припустиме аварійне опромінення населення (разове)
0,05 Зв	припустиме опромінення персоналу в нормальних умовах за рік
0,005 Зв	припустиме опромінення населення в нормальних умовах за рік
0,0035 Зв	річна еквівалентна доза опромінення за рахунок усіх джерел випромінювання в середньому для жителя України

Ранні ураження бувають тільки соматичні. Це призводить до смерті або променевої хвороби. Постачальником таких часток є в основному ізотопи, що мають коротку тривалість життя, γ - випромінювання, потік нейтронів.

Форми променевої хвороби: гостра і хронічна.

Гостра форма виникає в результаті опромінення великими дозами за короткий проміжок часу. При дозах порядку тисяч рад ураження організму може бути миттєвим.

Хронічна форма розвивається в результаті тривалого опромінення дозами, що перевищують ліміти дози (ЛД). Більш віддаленими наслідками променевого ураження можуть бути променеві катаракти.

Існують різноманітні норми радіоактивного зараження: разові, сумарні, гранично припустимі та інше. Всі вони описані в спеціальних довідниках.

Ліміти дози загального опромінення людини вважається доза, яка у світлі /сучасних знань не повинна викликати значних ушкоджень організму протягом життя.

Безпосередньо після опромінення людини клінічна картина виявляється мізерною, іноді симптоматика взагалі відсутня. Саме тому знання дози опромінення людини відіграє вирішальну роль у діагностиці та ранньому прогнозуванні перебігу гострої променевої хвороби, у визначенні терапевтичної тактики до розвитку основних симптомів захворювання.

Відповідно до дози променевого впливу гостру променеву хворобу прийнято розділяти на чотири ступені тяжкості.

Сам по собі поділ хворих за ступенями тяжкості досить умовний і переслідує конкретні цілі сортування хворих та проведення згідно з цією класифікацією організаційно-терапевтичних заходів. Абсолютно необхідно визначати ступінь тяжкості постраждалих при масових ураженнях, коли число постраждалих визначається десятками, сотнями і більше [9].

Таким чином був проведений аналіз і дослідження різних видів радіаційного випромінювання, проведено аналіз різних приладів для вимірювання ефективної дози і потужності іонізуючого випромінювання, вивчені основні вимоги до проектування дозиметра. Після проведеного аналізу було запропоновано розробляти дозиметр на основі лічильника Гейгера типу СБМ-20-1.

Ціль роботи - дослідження впливу радіоактивного випромінювання на біологічні об'єкти та розробка дозиметру.

Задачі роботи:

- дослідженні параметрів та характеристик випромінювання та їх вплив на біологічні об'єкти;
- аналіз конструкцій та принципу роботи приладів вимірювання ефективної дози та потужність іонізуючого випромінювання;
- розробка структурної схеми та схеми електричної принципової дозиметра;
- розробити прилад для вимірювання ефективної дози та потужність іонізуючого випромінювання.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ ТА РОЗРОБКА ПРИЛАДУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ РАДІАЦІЙНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

2.1.1 Вплив радіації на організм

Радіація по своїй природі шкідлива для життя. Малі дози опромінення можуть «запустити» не до кінця ще встановлену ланцюг подій, що приводить до раку або до генетичних ушкоджень. При більших дозах радіація може руйнувати клітки, ушкоджувати тканини органів і з'явитися причиною швидкої загибелі організму. Основні джерела іонізуючого випромінювання й обумовлені ними еквівалентні дози % представлено на рисунку 2.1

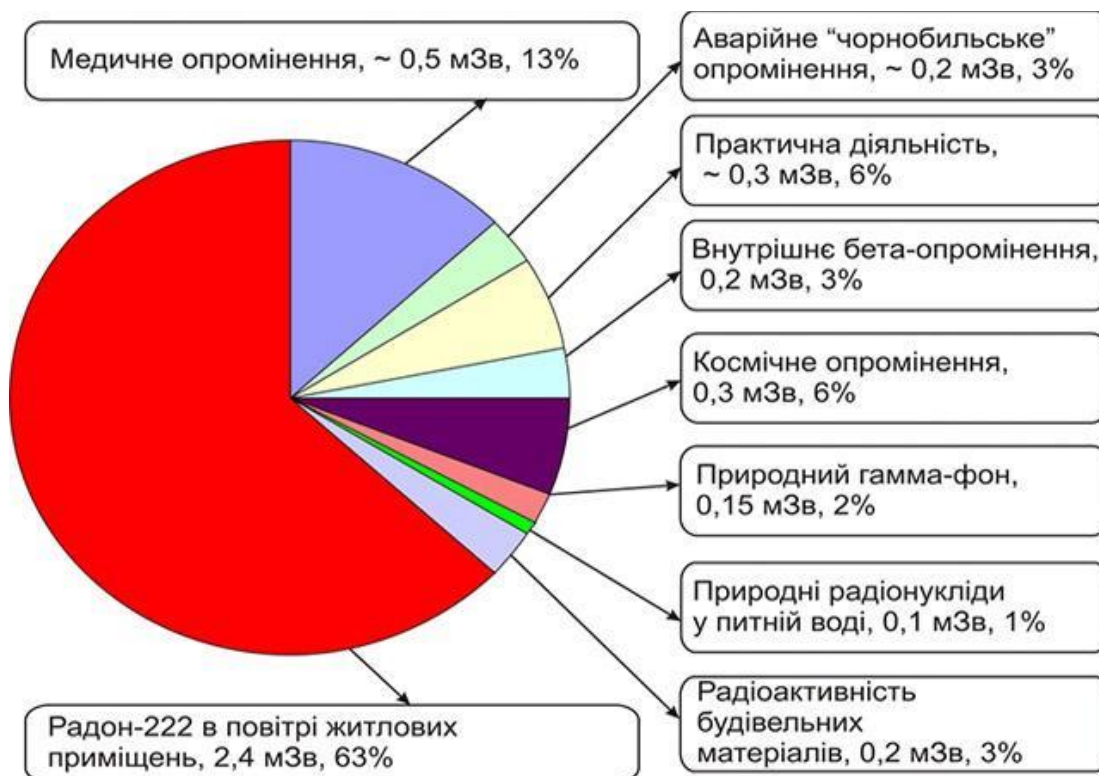


Рисунок 2.1 - Структура та середньозважені величини ефективної дози опромінення населення України в рік

Ефект впливу радіації на людину звичайно діляться на дві категорії (таблиця 2.1):

1) Соматичні (тілесні) - виникаючі в організмі людини, яка зазнала опроміненню.

2) Генетичні - пов'язані з ушкодженням генетичного апарата, що й проявляються в наступному або наступних поколіннях: це діти, онуки й більш віддалені нащадки людини, подвергшегося опроміненню.

Таблиця 2.1 - Радіаційні ефекти опромінення людини

Радіаційні ефекти опромінення людини	
Соматичні ефекти	Генетичні ефекти
Променева хвороба	Генні мутації
Локальні променеві поразки	Хромосомні аберації
Лейкози	
Пухлини різних органів	

Розрізняють граничні (детерміновані) і стохастичні ефекти. Перші виникають коли число кліток, що загинули в результаті опромінення, що втратили здатність відтворення або нормального функціонування, досягає критичного значення, при якому помітно порушуються функції уражених органів.

Хронічне опромінення слабкіше діє на живий організм у порівнянні з однократним опроміненням у тій же дозі, що пов'язане із процесами, відновлення після радіаційних ушкоджень. Вважається, що приблизно 90% радіаційних ушкоджень відновлюється [10].

Стохастичесні (імовірнісні) ефекти, такі як злоякісні новоутвори, генетичні порушення, можуть виникати при будь-яких дозах опромінення. Зі

збільшенням дози підвищується й вага цих ефектів, а так само ймовірність (ризик) їх появи.

Ушкодження, викликані більшими дозами опромінення, звичайно з'являються протягом декількох годин або днів. Ракові захворювання, однак, проявляються через багато років після опромінення – як правило, не раніше ніж через одне-два десятиліття. А вроджені пороки розвитку й інші спадкоємні хвороби, викликані ушкодженням генетичного апарата, по визначенню проявляються лише в наступному або наступних поколіннях: це діти, онуки й більш віддалені нащадки індивідуума, піддалося опроміненню [11].

Таблиця 2.2 - Органи максимального накопичення радіонуклідів

Елемент		Найбільш чутливий орган або тканина.	Маса органа або тканини, кг	Частка повної дози
Водень	H	Усе тіло	70	1.0
Вуглець	C	Усе тіло	70	1.0
Натрій	Na	Усе тіло	70	1.0
Калій	K	М'язова тканина	30	0.92
Стронцій	Sr	Кістка	7	0.7
Йод	I	Щитовидна залоза	0.2	0.2
Цезій	Cs	М'язова тканина	30	0.45
Барій	Ba	Кістка	7	0.96
Радій	Ra	Кістка	7	0.99
Торій	Th	Кістка	7	0.82
Уран	U	Нирки	0.3	0.065
Плутоній	Pu	Кістка	7	0.75

У той час як ідентифікація, що швидко проявляються («гострих») наслідків від дії більших доз опромінення не становить праці, виявити віддалені наслідки від малих доз опромінення майже завжди виявляється дуже важко. Частково це пояснюється тим, що для їхнього прояву повинне пройти дуже багато часу. Але навіть і виявивши якісь ефекти, потрібно ще довести, що вони пояснюються дією радіації, оскільки й рак, і ушкодження генетичного апарата можуть бути викликані не тільки радіацією, але й безліччю інших причин.

Щоб викликати гостру поразку організму, дози опромінення повинні перевищувати певний рівень, але немає ніяких підстав вважати, що це правило діє у випадку таких наслідків, як рак або ушкодження генетичного апарата. Принаймні теоретично для цього досить найменшої дози. Однак, у те ж саме час ніяка доза опромінення не приводить до цих наслідків, у всіх випадках. Навіть при відносно більших дозах опромінення далеко не всі люди приречені на ці хвороби: діючі в організмі людини репараційні механізми звичайно ліквідують усі ушкодження. Точно так само будь-яка людина, підвергшись дії радіації, зовсім не обов'язково повинен занедужати раком або стати носієм спадкоємних хвороб; однак імовірність, або ризик, настання таких наслідків у нього більше, чим у людини, яка не була опромінений. І ризик цей тим більше, чим більше доза опромінення.

Вчені всього миру намагаються встановити з усією можливою вірогідністю, якому додатковому ризику зазнають люди при різних дозах опромінення. Імовірно, в області вивчення дії радіації на людину й навколишнє середовище було проведено більше досліджень, чому при вивченні будь-якого іншого джерела підвищеної небезпеки. Однак, чому отдаленнее ефект і менша доза, тем менша корисних відомостей, якими ми розташовуємо на сьогоднішній день. Навіть найменші дози опромінення викликають необоротні генетичні зміни, які передаються з покоління в покоління, приводять до розвитку синдрому Дауна, епілепсії, появі інших дефектів розумового й фізичного розвитку.

Таблиця 2.3 - Доза опромінення і її вплив на організм людини[12]

№	Значення поглиненої дози, радий	Ступінь впливу на людину
14	100 Гр.	Летальна доза, смерть настає через кілька годин або днів від ушкодження центральної нервової системи.
13	10-50 Гр.	Летальна доза, смерть настає через один-два тижні від внутрішніх кровотеч (стоншуються клітинні мембрани), в основному в шлунково-кишковому тракті.
12	5 Гр.	Летальна доза, половина опромінених умирають протягом одного-двох місяців від поразки кліток кісткового мозку.
11	2 Гр	Первинна променева хвороба (склеротичні процес, зміни в половій системі, катаракта, імунні хвороби, рак). Вага й симптоми залежать від дози випромінювання і його типу.
10	1 Гр	Короткочасна стерилізація: втрата здатності мати потомство.
9	0,4 Гр	Опромінення при рентгені шлунка (місцеве).
8	0,3 Гр.	Доза виправданого ризику в надзвичайних обставинах.(Для персоналу, разове)
7	0,25 Гр.	Доза виправданого ризику в надзвичайних обставинах.(Для населення, разове)
6	0,1 Гр.	Імовірність мутації збільшується в 2 рази.
5	0,05 Гр.	Припустиме опромінення персоналу в нормальних умовах за рік

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
4	0,03 Гр.	Опромінення при рентгені зубів.
3	0,02 Гр	Доза опромінення, яку одержує персонал, що працює із джерелом іонізуючого випромінювання.
2	0,002 Гр.	Доза опромінення, яку одержують співробітники промислових підприємств, об'єктів радіаційно-ядерних технологій.
1	0,001 Гр.	Доза опромінення яку одержує середній українець.

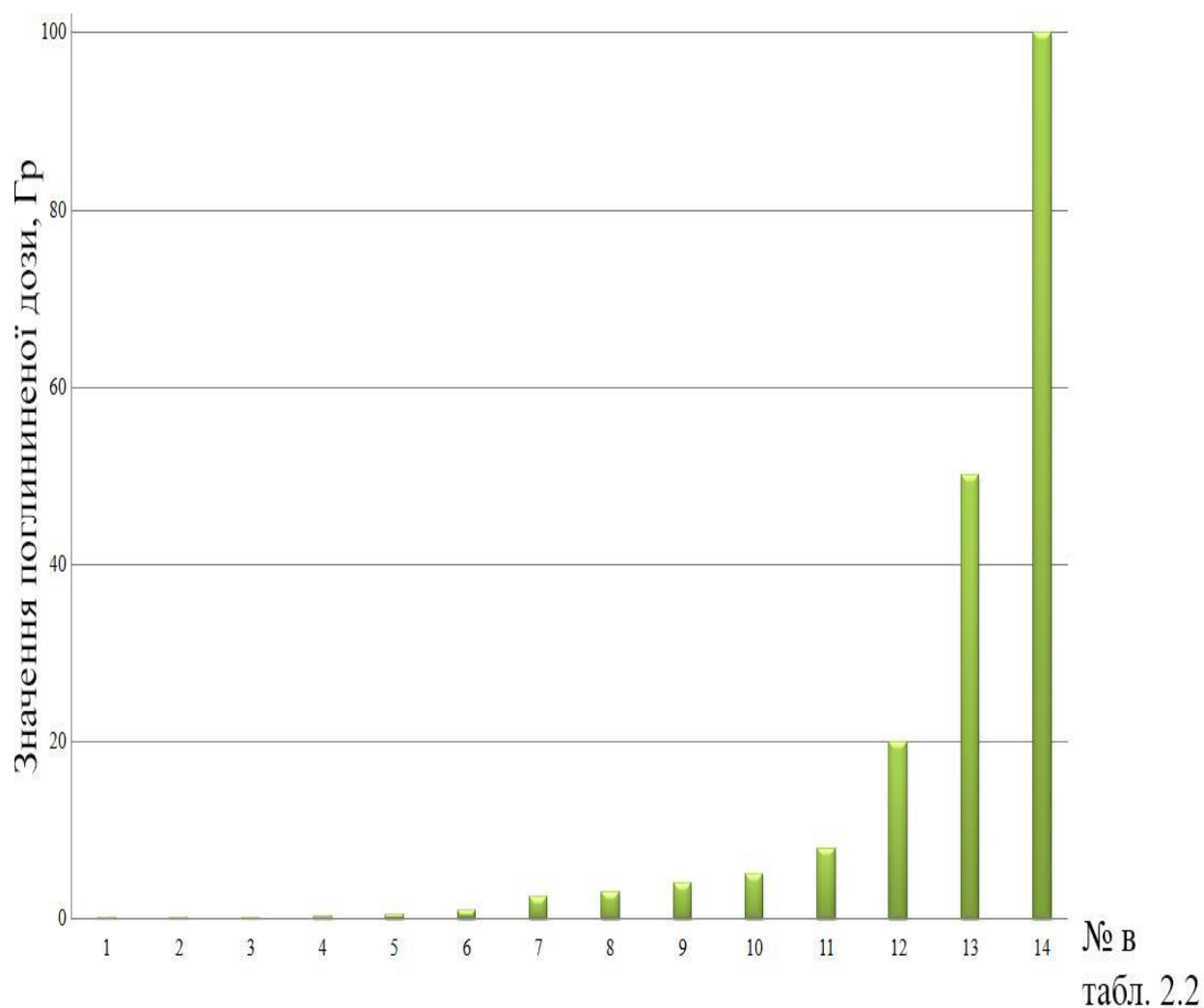


Рисунок 2.2 - Доза опромінення і її вплив на організм людини

2.1.2 Вплив іонізуючого випромінювання на тканини організму

Заряджені частки.

Проникаючи в тканині організму альфа- і бета- частки втрачають енергію внаслідок електричних взаємодій з електронами тих атомів, близьких вони проходять. (Гамма-випромінювання й рентгенівські промені передають свою енергію речовині декількома способами, які в остаточному підсумку також приводять до електричних взаємодій.)

Електричні взаємодії.

За час порядку десяти трильйонних секунди після того випромінювання, що як проникає, досягне відповідного атома в тканині організму, від цього атома відривається електрон. Останній заряджений негативно, тому інша година ісходньо нейтрального атома стає позитивно зарядженою. Цей процес називається іонізацією. електрон, що відірвався, може далі іонізувати інші атоми.

Фізико-хімічні зміни.

Вільний електрон і іонізований атом звичайно не можуть довго перебувати в такому стані й у плінні наступних десяти мільярдних часток секунди беруть участь у складній ланцюговій реакції, в результаті яких утворюються нові молекули включаючи й такі реакційно здатні, як "вільні радикали".

Хімічні зміни.

Протягом наступних мільйонних часток секунди, що утворювалися вільні радикали реагують як один з одним, так і з іншими молекулами й через ланцюжок реакцій, ще не вивчених до кінця, можуть викликати хімічну модифікацію важливих біологічному відношенні молекул, необхідних для нормального функціонування клітки.

Біологічні ефекти.

Біохімічні зміни молекул можуть відбутися як через кілька секунд, так і через десятиліття після опромінення й явитися причиною негайної загибелі кліток або таких змін у них, які можуть привести до раку [13].

2.2 Реакція людини на опромінення

2.2.1 Граничні рівні гострої поразки

У своїй останній доповіді науковий комітет з дії атомної радіації ООН вперше за 20 років опублікував докладний огляд відомостей, що відносяться до гострої поразки організму людини, яке відбувається при більших дозах опромінення. В загалі кажучи, радіація виявляє подібну дію, лише починаючи з деякої мінімальної, або «граничної», дози опромінення.

Велика кількість відомостей була отримана при аналізі результатів застосування променевої терапії для лікування раку. Багаторічний досвід дозволив медикам одержати велику інформацію про реакцію тканин людини на опромінення. Ця реакція для різних органів і тканин виявилася неоднаковою, причому відмінності дуже великі (рис. 2.2). Величина ж дози, що визначає величину поразки організму, залежить від того, чи одержує її організм відразу або в кілька приймань. Більшість органів устигає тією чи іншою мірою лікувати радіаційні ушкодження й тому краще переносить серію дрібних доз, ніж ту ж сумарну дозу опромінення, отриману за одне приймання.

На діаграмі зазначені "припустимі" дози опромінення при променевій терапії, т.е такі дози які пацієнт без особливої шкоди для себе може одержати за п'ять сеансів на протязі тижня. Діаграма дає зразкову уяву про те, наскільки різниться чутливість до опромінення різних органів і тканин організму.

Діаграма дає уяву про те, наскільки різниться чутливість до опромінення різних органів і тканин організму.

Зрозуміло, якщо доза опромінення досить велика, людина загине. У всякому разі, дуже більші дози опромінення порядку 100 Гр викликають настільки серйозні поразки центральної нервової системи, що смерть, як правило, настає протягом декількох годин або днів (рис. 2.2).

При дозах опромінення від 10 до 50 Гр при опроміненні всього тіла поразка ЦНС може виявитися не настільки серйозним, щоб привести до летального результату, однак опромінена людина швидше за все однаково помре через одну-два тижні від крововиливів у шлунково-кишковому тракті.

При ще менших дозах може не відбутися серйозних ушкоджень шлунково-кишкового тракту, організм з ними впорається, і проте смерть може настати через один-два місяці з моменту опромінення головним чином через руйнування кліток червоного кісткового мозку-головного компонента кровотворної системи організму: від дози в 3-5 Гр при опроміненні всього тіла вмирає приблизно половина всіх опромінених. Таким чином, у цьому діапазоні доз опромінення більші дози відрізняються від менших лише тим, що смерть у першому випадку настає раніше, а в другому – пізніше.

Зрозуміло, найчастіше людина помирає в результаті одночасної дії всіх зазначених наслідків опромінення. Дослідження в цій області необхідні, оскільки отримані дані потрібні для оцінки наслідків ядерної війни й дії більших доз опромінення при аваріях ядерних установок і обладнань.

Червоний кістковий мозок і інші елементи кровотворної системи найбільш уразливі при опроміненні й втрачають здатність нормально функціонувати вже при дозах опромінення 0,5-1 Гр. На щастя, вони мають також чудову здатність до регенерації, і якщо доза опромінення не настільки велика, щоб викликати ушкодження всіх кліток, кровотворна система може повністю відновити свої функції. Якщо ж опроміненню піддалося не все тіло, а якась його частина, то вцілілих кліток мозку буває досить для повного відшкодування ушкоджених кліток [14].

На рисунку 2.3 представлені припустимі дози в променевій терапії

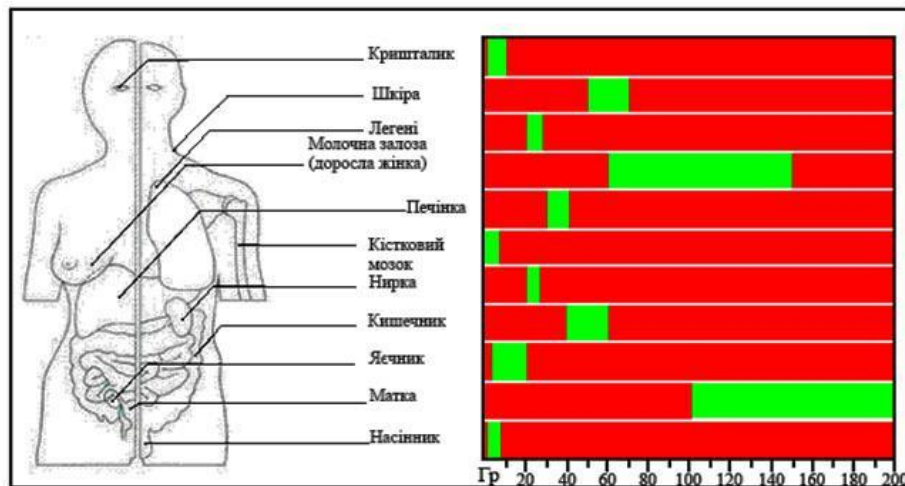


Рисунок 2.3 – Припустимі дози в променевої терапії

Репродуктивні органи й очі також відрізняються підвищеною чутливістю до опромінення. Однократне опромінення насінників при дозі всього лише в 0,1Гр приводить до тимчасової стерильності чоловіків, а дози понад двох грєв можуть привести до постійної стерильності: лише через багато років насінники зможуть знову продукуватися повноцінну сперму. Очевидно, насінники є єдиним виключенням із загального правила: сумарна доза опромінення, отримана в кілька приймань, для них більш, а не менш небезпечна, чому та ж доза, отримана за одне приймання. Яєчники набагато менш чутливі до дії радіації, принаймні в дорослих жінок. Але однократна доза > 3 Гр все-таки приводить до їхньої стерильності, хоча ще більші дози при дробовому опроміненні ніяк не позначаються на здатності до дітородіння. Найбільш уразливою для радіації частиною ока є кришталік. Загиблі клітки стають непрозорими, а розростання помутнілих ділянок приводить спочатку до катаракти, а потім і до повної сліпоти. Чим більше доза, тим більше втрата зору. Помутнілі ділянки можуть утворюватися при дозах опромінення 2 Гр і менш. Більш важка форма поразки ока – прогресуюча катаракта – спостерігається при дозах близько 5 Гр. Показане, що навіть пов'язане з рядом робіт професійне опромінення шкідливе для очей: дози від 0,5 до 2 Гр, отримані протягом 10-20 років, приводять до збільшення щільності й помутнінню кришталіка.

Діти також у край чутливі до дії радіації. Відносно невеликі дози при опроміненні хрящової тканини можуть сповільнити або зовсім зупинити в них ріст костей, що приводить до аномалій розвитку кістяка. Чим менше вік дитини, тем сильніше пригнічується ріст костей. Сумарної дози порядку 10 Гр, отриманої протягом декількох тижнів при щоденному опроміненні, буває досить, щоб викликати деякі аномалії розвитку кістяка. Очевидно, для такої дії радіації не існує ніякого граничного ефекту. Виявилось також, що опромінення мозку дитини при променевої терапії може викликати зміни в його характері, привести до втрати пам'яті, а в дуже маленьких дітей навіть до слабоумства й ідіотії. Кістки й мозок дорослої людини здатні витримувати набагато більші дози.

В край чутливий до дії радіації й мозок плода, особливо якщо мати зазнає опроміненню між восьмий і п'ятнадцятої тижнями вагітності. У цей період у плода формується кора головного мозку, і існує великий ризик того, що в результаті опромінення матері (наприклад, рентгенівськими променями) народиться розумово відстала дитина. Саме в такий спосіб постраждали приблизно 30 дітей, опромінених у період внутрішньоутробного розвитку під час атомних бомбардувань Хіросіми й Нагасакі. Хоча індивідуальний ризик при цьому великий, а наслідку доставляють особливо багато страждань, число жінок, що перебувають на цій стадії вагітності, у будь-який момент часу становить лише невелику частину всього населення. Це, однак, найбільш серйозний по своїх наслідках ефект із усіх відомих ефектів опромінення плода людини, хоча після опромінення плодів і ембріонів тварин у період їх внутрішньоутробного розвитку було виявлено чимало інших серйозних наслідків, включаючи пороки розвитку, недорозвиненість і летальний результат.

Більшість тканин дорослої людини відносно мало чутливі до дії радіації. Почки витримують сумарну дозу близько 23 Гр, отриману протягом п'яти тижнів, без особливої для себе шкоди, печінка – щонайменше 40 Гр за місяць, сечовий міхур – щонайменше 55 Гр за чотири тижні, а зріла хрящова тканина

– до 70 Гр. Легені – надзвичайно складний орган – набагато більш уразливі, а в кровоносних судинах незначні, але, можливо, істотні зміни можуть відбуватися вже при відносно невеликих дозах.

Звичайно, опромінення в терапевтичних дозах, як і всяке інше опромінення, може викликати захворювання раком у майбутньому або привести до несприятливих генетичних наслідків. Опромінення в терапевтичних дозах, однак, застосовують звичайно для лікування раку, коли людина смертельно хвора, а оскільки пацієнти в середньому досить люди похилого віку, імовірність того, що вони будуть мати дітей, також відносно мала. Однак далеко не так просто оцінити, наскільки великий цей ризик при набагато менших дозах опромінення, які люди одержують у своєму повсякденному житті й на роботі, і на цей рахунок існують самі різні думки серед громадськості [15].

2.2.2. Ракові захворювання

Рак – найбільш серйозне із усіх наслідків опромінення людину при малих дозах, принаймні безпосередньо для тих людей, які піддалися опроміненню. Насправді, великі обстеження, що охопили близько 100 000 людей, що пережили атомні бомбардування Хіросіми й Нагасакі в 1945 році, показали, що поки рак є єдиною причиною підвищеної смертності в цій групі населення.

Оцінки науковий комітет з дії атомної радіації ООН ризику захворювання раком значною мірою опираються на результати обстеження людей, що пережили атомне бомбардування. Комітет використовує й інші матеріали, у тому числі відомості про частоту захворювання раком серед жителів островів у Тихому океані, на яких відбулося випадання радіоактивних опадів після ядерних випробувань в 1954 році, серед робочих уранових рудників і серед осіб, що пройшли курс променевої терапії. Але матеріали по

Хіросімі й Нагасакі – це єдине джерело відомостей, що відбиває результати ретельного обстеження протягом більш 30 років численної групи людей усіх віків, які піддалися більш-менш рівномірному опроміненню всього тіла.

Незважаючи на всі ці дослідження, оцінка ймовірності захворювання людей раком в результаті опромінення не цілком надійна. Є маса корисних відомостей, отриманих при експериментах на тварин, однак, незважаючи на їхню очевидну користь, вони не можуть повною мірою замінити відомостей про дію радіації на людину. Для того щоб оцінка ризику захворювання раком для людини була досить надійна, отримані в результаті обстеження людей відомості повинні задовольняти цілому ряду умов. Повинна бути відома величина поглиненої дози. Випромінювання повинне рівномірно попадати на все тіло або принаймні на ту його частину, яка вивчається в даний момент. Опромінене населення повинне проходити обстеження регулярно протягом десятиліть, щоб встигнули виявитися всі види ракових захворювань. Діагностика повинна бути досить якісна, що дозволяє виявити всі випадки ракових захворювань. Дуже важливо також мати гарну «контрольну» групу людей, порівнянню у всіх відносинах (крім самого факту опромінення) із групою осіб, за якою ведеться спостереження, щоб з'ясувати частоту захворювання раком під час відсутності опромінення. І обидві ці популяції повинні бути досить численні, щоб отримані дані були статистично достовірні. Жоден з наявних матеріалів не задовольняє повністю всім цим вимогам.

Ще більш принципова невизначеність полягає в тому, що майже всі дані про частоту захворювання раком у результаті опромінення отримані при обстеженні людей, що одержали відносно більші дози опромінення -1 Гр і більш. Є досить небагато відомостей про наслідки опромінення при дозах, пов'язаних з деякими професіями, і зовсім відсутні прямі дані про дію доз опромінення, одержуваних населенням Землі в повсякденному житті. Тому немає ніякої альтернативи такому способу оцінки ризику населення при малих дозах опромінення, як екстраполяція оцінок ризику при більших дозах (уже не цілком надійних) в область малих доз опромінення.

Науковий комітет з дії атомної радіації, так само як і інші установи, що займаються дослідженнями в цій області, у своїх оцінках опирається на два основні допущення, які поки що цілком узгодяться з усіма наявними даними. Згідно з першим допущенням, не існує ніякої граничної дози, за якою відсутній ризик захворювання раком. Будь-яка як завгодно мала доза збільшує ймовірність захворювання раком для людини, що одержала цю дозу, і всяка додаткова доза опромінення ще більш збільшує цю ймовірність. Друге допущення полягає в тому, що ймовірність, або ризик, захворювання зростає прямо пропорційно дозі опромінення: при подвоєнні дози ризик подвоюється, при одержанні трикратної дози – потроюється і т.д. (рис. 2.4). Науковий комітет з дії атомної радіації вважається, що при такому допущенні можлива переоцінка ризику в області малих доз, але чи навряд можлива його недооцінка. На такий свідомо недосконалої, але зручній основі й будуються всі приблизні оцінки ризику захворювання різними видами рака при опроміненні.

Згідно з наявними даними, першими в групі ракових захворювань, що вражають населення в результаті опромінення, стоять лейкози (рис. 2.4). Вони викликають загибель людей у середньому через 10 років з моменту опромінення – набагато раніше, чим інші види ракових захворювань. На рисунку 2.3 приставлена ймовірність захворювання раком.

Відносна середньостатистична ймовірність захворювання раком після одержання однократної в один рад(0.01 Гр) при рівномірному опроміненні всього тіла. На графіку, побудованому по результат обстеження людей, що пережили атомне бомбардування, показаний орієнтовний час появи злоякісних пухлин з моменту опромінення [16].

Ймовірність захворювання раком

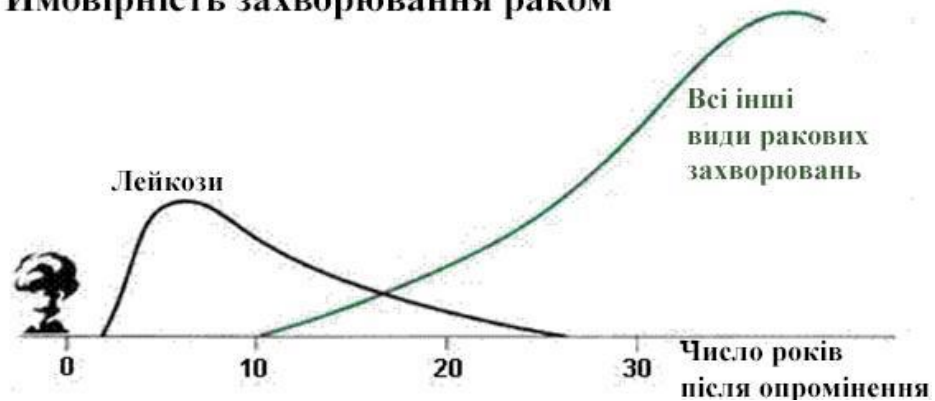


Рисунок – 2.4 Ймовірність захворювання раком

Із графіка видно що насамперед після дворічного прихованного періоду розвиток лейкозу, досягає максимальної частоти через 6-7 років, потім частота плавно зменшується й через 25 років дорівнює нулю. Солідні (суцільні) пухлини починаються розвиток через 10 років після опромінення, але дослідники поки не мають достатньої інформації, що дозволяє побудувати всю криву[17].

На кресленні 2.5 показано три способи екстраполяції. У загальному випадку всі можливі види залежностей на ділянці 0-1 Гр можна умовно віднести до одного із трьох типів (якщо вважати, що не існує граничної дози й, отже, будь-яке збільшення дози, як би мало воно не було, спричинить імовірності захворювання раком).

Перший тип залежності А являє собою пряму: це означає, що ймовірність захворювання збільшується всюди прямо пропорційно дозі опромінення.

Другий тип залежності Б представлений опуклою кривою і припускає: що зі збільшенням дози ймовірність захворювання швидко росте при малих дозах і повільніше при більших [18].

Третій тип залежності В представлений увігнутою кривою і припускає: що зі збільшенням дози ймовірність захворювання зростає повільніше при малих дозах і швидше при більших. Науковий комітет з дії атомної радіації й

інші установи користуються допущенням про лінійну залежність імовірності захворювання від дози, т.е залежність типу А.

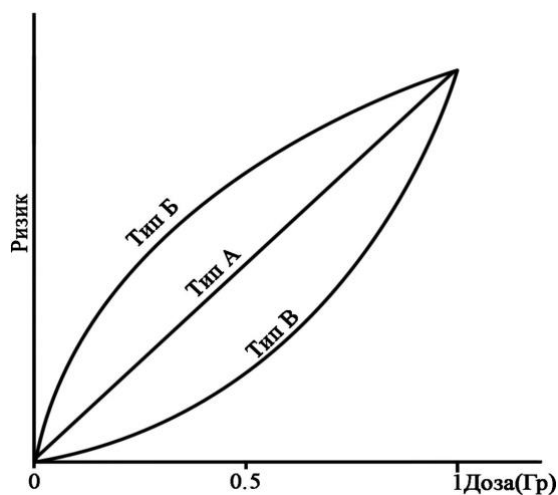


Рисунок 2.5 – Дози опромінення і їх ефект

Смертність від лейкозів серед тих, хто пережив атомні бомбардування Хіросіми й Нагасакі, стала різко знижуватися після 1970 року. Таким чином, оцінка ймовірності вмерти від лейкозу в результаті опромінення більш надійна, чим аналогічні оцінки для інших видів ракових захворювань. Згідно оцінкам науковий комітет з дії атомної радіації ООН, від кожної дози опромінення в 1Гр у середньому дві людини з тисячі вмруть від лейкозів. Інакше кажучи, якщо хто-небудь одержить дозу 1 Гр при опроміненні всього тіла, при якому страждають клітки червоного кісткового мозку, то існує один шанс із 500, що ця людина вмере надалі від лейкозу.

Найпоширенішими видами раку, викликаними дією радіації, виявилися рак молочної залози й рак щитовидної залози. По оцінках науковий комітет з дії атомної радіації приблизно в десяти людей з тисячі опромінених відзначається рак щитовидної залози, а в десяти жінок з тисячі – рак молочної залози (розраховуючи на кожний Грэй індивідуальної поглиненої дози).

Однак обидві різновиди раку в принципі виліковні, а смертність від раку щитовидної залози особливо низька. Тому лише п'ять жінок з тисячі, очевидно,

умруть від раку молочної залози на кожний Грэй опромінення й лише одна людина з тисячі опромінених, очевидно, умре від раку щитовидної залози.

Рак легенів, навпаки, – нещадний убивця. Він теж належить до розповсюджених різновидів ракових захворювань серед опромінених груп населення. На додаток до даних обстеження осіб, що пережили атомні бомбардування Хіросіми й Нагасакі, були отримані відомості про частоту захворювання раком легенів серед шахтарів уранових рудників у Канаді, Чехословаччині, США, Україні. Цікаво, однак, що оцінки, отримані в обох випадках, значно розходяться: навіть беручи до уваги різний характер опромінення, імовірність занедужати раком легенів на кожну одиницю дози опромінення для шахтарів уранових рудників виявилася в 4-7 раз вище, чим для людей, що пережили атомне бомбардування. Науковий комітет з дії атомної радіації розглянув кілька можливих причин такої розбіжності, серед яких не останню роль відіграє той факт, що шахтарі в середньому старше, чим населення японських міст у момент опромінення. Згідно поточним оцінкам комітету, із групи людей у тисячу людей, вік яких у момент опромінення перевищує 35 років, очевидно, п'ять людей умруть від раку легенів розраховуючи на кожний Грэй середньої індивідуальної дози опромінення, але лише половина цієї кількості в групі, що полягає із представників усіх віків. Цифра «п'ять» – це нижня оцінка смертності від раку легенів серед шахтарів уранових рудників [19].

Рак інших органів і тканин, як виявилось, зустрічається серед опромінених груп населення рідше. Згідно з оцінками науковий комітет з дії атомної радіації, імовірність умерти від раку шлунка, печінки або товстої кишки становить приблизно всього лише 1/1000 на кожний Грэй середньої індивідуальної дози опромінення, а ризик виникнення рака кісткових тканин, стравоходу, тонкої кишки, сечового міхура, підшлункової залози, прямої кишки й лімфатичних тканин ще менше й становить приблизно від 0,2 до 0,5 на кожну тисячу й на кожний Грэй середньої індивідуальної дози опромінення.

Діти більш чутливі до опромінення, ніж дорослі, при опроміненні плода ризик захворювання раком, очевидно, ще більше. У деяких роботах дійсно повідомлялося, що дитяча смертність від раку більше серед тих дітей, матері яких у період вагітності піддалися впливу рентгенівських променів, однак науковий комітет з дії атомної радіації поки не переконаний, що причина встановлена вірно. Серед дітей, опромінених у період внутрішньоутробного розвитку в Хіросімі й Нагасакі, також поки не виявлене підвищеної схильності до захворювання раком.

Загалом кажучи, є ще ряд розбіжностей між даними по Японії й іншими джерелами. Крім зазначених вище протиріч в оцінці ризику захворювання раком легенів є значні розбіжності як по раку молочної залози, так і по раку щитовидної залози. І в тому й в іншому випадку дані по Японії дають значно більш низьку частоту захворювання раком, чому інші джерела; в обох випадках науковий комітет з дії атомної радіації прийняв як оцінок більші значення. Зазначені протиріччя зайвий раз підкреслюють труднощі одержання оцінок в області малих доз на підставі відомостей, що ставляться до більших доз і отриманих з досить обмеженого числа джерел. Труднощі одержання більш-менш надійних оцінок ризику ще більш зростає через невизначеність в оцінці доз, які були отримані людьми, що пережили атомне бомбардування. Нові відомості з інших джерел фактично поставили під сумнів правильність колишніх розрахунків поглинених доз у Японії, і всі вони в даний момент перевіряються заново.

Оскільки одержання оцінок пов'язане з такими труднощами, то не дивно, що немає єдиної думки по питанню про те, наскільки великий ризик захворювання раком при малих дозах опромінення. У цій області необхідні подальші дослідження. Особливо корисно було б провести обстеження людей, що одержують дози, характерні для ряду професій і умов навколишнього середовища. На жаль, чим менше доза, тем складніше одержати статистично достовірний результат. Підраховане, наприклад, що якщо оцінки науковий комітет з дії атомної радіації більш-менш вірні, то при визначенні частот

захворювання по всіх видах раку серед персоналу підприємств ядерного паливного циклу, що одержують середню індивідуальну дозу близько 0,01 Гр у рік, для одержання значимого результату буде потрібно кілька мільйонів людино-літ. А одержати значимий результат при обстеженні людей, на яких діє лише радіаційне фон від навколишнього середовища, було б набагато важче.

Радіація, має вплив на різні хімічні й біологічні агенти, що може приводити в якихось випадках до додаткового збільшення частоти захворювання раком [18].

Очевидно, що це питання надзвичайно важливе, тому що радіація присутня всюди, а в сучасному житті багато різноманітних агентів, які можуть із нею взаємодіяти. Науковий комітет з дії атомної радіації ООН провів попередній аналіз даних, що охоплює велику кількість таких агентів. Щодо деяких з них виникли деякі підозри, але серйозні докази були отримані тільки для одного з них: тютюнового диму. Виявилося, що шахтарі уранових рудників із числа курящих занедужують раком набагато раніше. В інших випадках даних явно недостатньо, і необхідні подальші дослідження. Смертність від раку органів подиху як функція дози опромінення, обумовленої дочірнім продуктом радіоактивного розпаду радону, для трьох груп робочих уранових рудників серед запеклих курців, що викурюють більш 20 сигарет у день.

Давно висловлювалися припущення, що опромінення, можливо, прискорює процес старіння й у такий спосіб зменшує тривалість життя. Науковий комітет з дії атомної радіації ООН розглянув недавно всі дані на користь такої гіпотези, але не виявив досить переконливих доказів, що підтверджують її, як для людини, так і для тварин, принаймні при помірних і малих дозах, одержуваних при хронічному опроміненні.

Опромінені групи людей дійсно мають меншу тривалість життя, але у всіх відомих випадках це цілком пояснюється більшою частотою ракових захворювань [19].

2.2.3 Генетичні наслідки опромінення

Вивчення генетичних наслідків опромінення пов'язане із ще більшими труднощами, чим у випадку раку. По-перше, дуже мало відомо про те, які ушкодження виникають у генетичному апараті людини при опроміненні; по-друге, повне виявлення всіх спадкоємних дефектів відбувається лише протягом багатьох поколінь; і, по-третє, як і у випадку раку, ці дефекти неможливо відрізнити від тих, які виникли зовсім з інших причин.

Близько 10% усіх живих немовлят мають ті або інші генетичні дефекти (мал. 39), починаючи від необтяжливих фізичних недоліків типу дальтонізму й кінчаючи такими важкими станами, як синдром Дауна, хорея Гентингтона й різні пороки розвитку. Багато з ембріонів і плодів з важкими спадкоємними порушеннями не доживають до народження: згідно з наявними даними, близько половини всіх випадків спонтанного абортів пов'язані з аномаліями в генетичному матеріалі. Але навіть якщо діти зі спадкоємними дефектами народжуються живими, імовірність для них дожити до свого першого дня народження в п'ять раз менше, чим для нормальних дітей. Хоча спадкоємні дефекти й так зустрічаються досить часто, усяке додаткове опромінення може ще більш побільшати частоту їх появи. Діаграми на рисунок 2.6 показують поточні оцінки частоти народження дітей із серйозними спадкоємними дефектами в популяції всього населення Землі (дані оцінки враховують і вплив природнього радіаційного тла), а так само оцінки науковий комітет з дії атомної радіації ООН імовірного приросту частоти народження дітей із серйозними спадкоємними дефектами наведені для двох випадків: 1) при одержанні одного покоління батьків і 2) при постійному опроміненні багатьох поколінь при тій же потужності опромінення. Цифри на рисунок 2.6 відповідають частоті народження дітей із серйозними генетичними дефектами зазначеного типу (розраховуючи на 1 млн немовлят)



Рисунок 2.6 - Наслідку опромінення дозою 1Гр батьківського покоління

Генетичні порушення можна віднести до двох основних типів: хромосомні аберації, що включають зміни числа або структури хромосом, і мутації в самих генах. Генні мутації підрозділяються далі на доміантні (які проявляються відразу в першому поколінні) і рецесивні (які можуть виявитися лише в тому випадку, якщо в обох батьків мутантним є той самий ген; такі мутації можуть не виявитися протягом багатьох поколінь або не виявитися взагалі). Оба типа аномалій можуть привести до спадкоємних захворювань у наступних поколіннях, а можуть і не виявитися взагалі. Оцінки науковий комітет з дії атомної радіації ООН стосуються лише випадків важкої спадкоємної патології [17].

Серед більш ніж 27 000 дітей, батьки яких одержали відносно більші дози під час атомних бомбардувань Хіросіми й Нагасакі, були виявлені лише дві ймовірні мутації, а серед приблизно такого ж числа дітей, батьки яких одержали менші дози, не відзначене жодного такого випадку. Серед дітей, батьки яких були опромінені в результаті вибуху атомної бомби, не було також виявлене статистично достовірного приросту частоти хромосомних аномалій. І хоча в матеріалах деяких обстежень утримується висновок про те, що в опроміненних батьків більше шансів народити дитину із синдромом Дауна, інші дослідження цього не підтверджують. На рисунку 2.7 представлена залежність смертності від лейкозу (на 1000 чол × років) від поглиненої дози.

Серед інших поставлених сучасною наукою питань про негативний вплив малих доз радіації на живий організм, які, цілком ймовірно, розширяють у

найближчому майбутньому наші вистави про небезпеку опромінення людського організму, треба, принаймні, перелічити наступні:

- вплив так званих малих мутацій, що не враховуються поки належною мірою при дослідженні генетичних ефектів радіації (таких мутацій може бути багаторазово більше, ніж досліджуваних в експериментах на тварин, що й враховуються при яскраво виражених спадкоємних захворюваннях людини);
- вплив підвищеної радіочутливості деяких етапів розвитку половых кліток і деяких ранніх етапів ембріонального розвитку людини;
- вплив опромінення в малих дозах на виникнення наслідуваних ракових захворювань;

віддалені наслідки локального й внутрішнього (наприклад, у вигляді "гарячих часток", що потрапили усередину організму) опромінення [18].

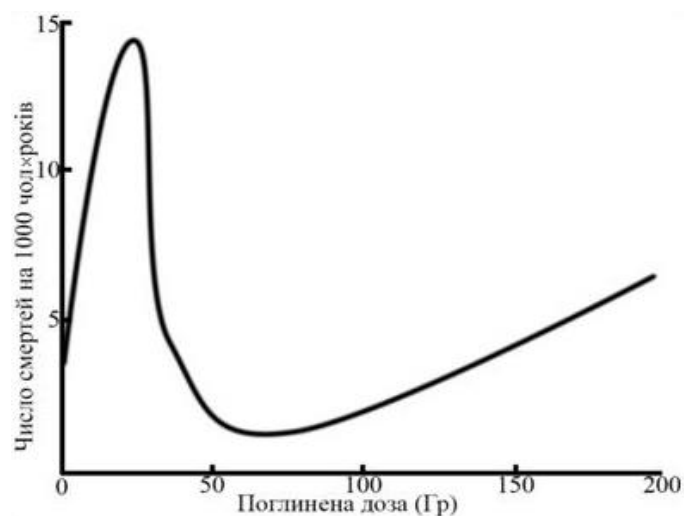


Рисунок 2.7 - Залежність смертності від лейкозу (на 1000 чол × років) від поглиненої дози

Під час обговорення проблеми впливу малих доз радіації необхідно мати на увазі так зване правило пропорційного ризику, яке в нашому випадку можна сформулювати так: опромінення великої кількості людей малими дозами еквівалентно (з погляду впливу радіації на всю популяцію) опроміненню невеликого числа людей більшими дозами. Генетичний ризик для 100 людей,

що одержали дозу 0.01 Зв, еквівалентний, з погляду поразки популяції, ризику для 10 людей, що одержали дозу 0.1 Зв, і ризику для однієї людини, що одержала дозу 1.0 Зв. Насправді залежність, звичайно складніше, оскільки еквівалентність результатів опромінення багатьох малими дозами й деяких - більшими, має на увазі лінійну залежність доза - ефект, яка (лінійність) порушується, як говорилося вище, в області свехмалих доз [19].



Рисунок 2.8 - Залежність кількості мутацій від поглиненої дози

2.3 Розробка дозиметра

2.3.1 Розробка вузлів дозиметра. Блок схема

Під час розробки, для досягнення максимально ефективної роботи дозиметра і зручності експлуатації було вирішено внести в схему дозиметра наступні блоки.

Вузли дозиметра:

1) Блокінг-генератор, на вихідній обмотці формуються короткі імпульси близько 10 мкс із амплітудою близько 220 вольтів. Через помножувач подвоєння напруга підвищується до необхідного 400-440 вольт. Частота генерації блокінг-генератора задається ланцюжком R1.C1. Складається з - VT1, VD3, C1, T1, R1.2

2) Помножувач напруги, зібраний на VD1-2, C2-3. Через помножувач подвоєння, напруга підвищується до необхідного 400-440 вольтів.

3) Детекторна камера, складається з BD1-2, R2-3, C3-4. Призначена для детектирования радіації, BD1-2 лічильники Гейгера, R2-3, -навантаження для СГ, C3-4 розділові конденсатори.

4) Одновібратор, DD1.2-1.2 C8, R8-10, формує з коротко затягнутого імпульсу імпульс у прямокутній форми, для правильної роботи МК.

5) Світло-акустичний вузол індикації, світловий-VT2, R4-5, HL1. Бип сигнал-VT3, R11, HA2. Акустичний вузол, призначений для звукової індикації гарячих часток, зібраний на генераторі, що чекає, DD1.3-1.4, R8, C11, HA1.6[20].

6) Цифрова частина, призначена для керування, і цифрового обробки даних приходящих з детекторної камери, і виводу результату на дисплей. Складається з, DD2, SB1-5, C12-13, ZQ1,

7) Аналого-цифровий перетворювач(АЦП), потрібний для виміру рівня напруги акумулятора, DD2, Ra1-2, Ca1-2.

8) Блок індикації, HG1, R14, R12-13, VT4.

9) Перетворювач постійної напруги A1, призначений для підвищення напруги живлення з 1.2-4В до 5В, може бути кожним по параметрах, у цьому випадку, це DD3, VD4, DL1, C15-16.

10) Вузол заряду акумулятора, X2,VD5(КД522), R15.17, HL2, GB1.

На рисунку 2.9 представлена блок схема дозиметра

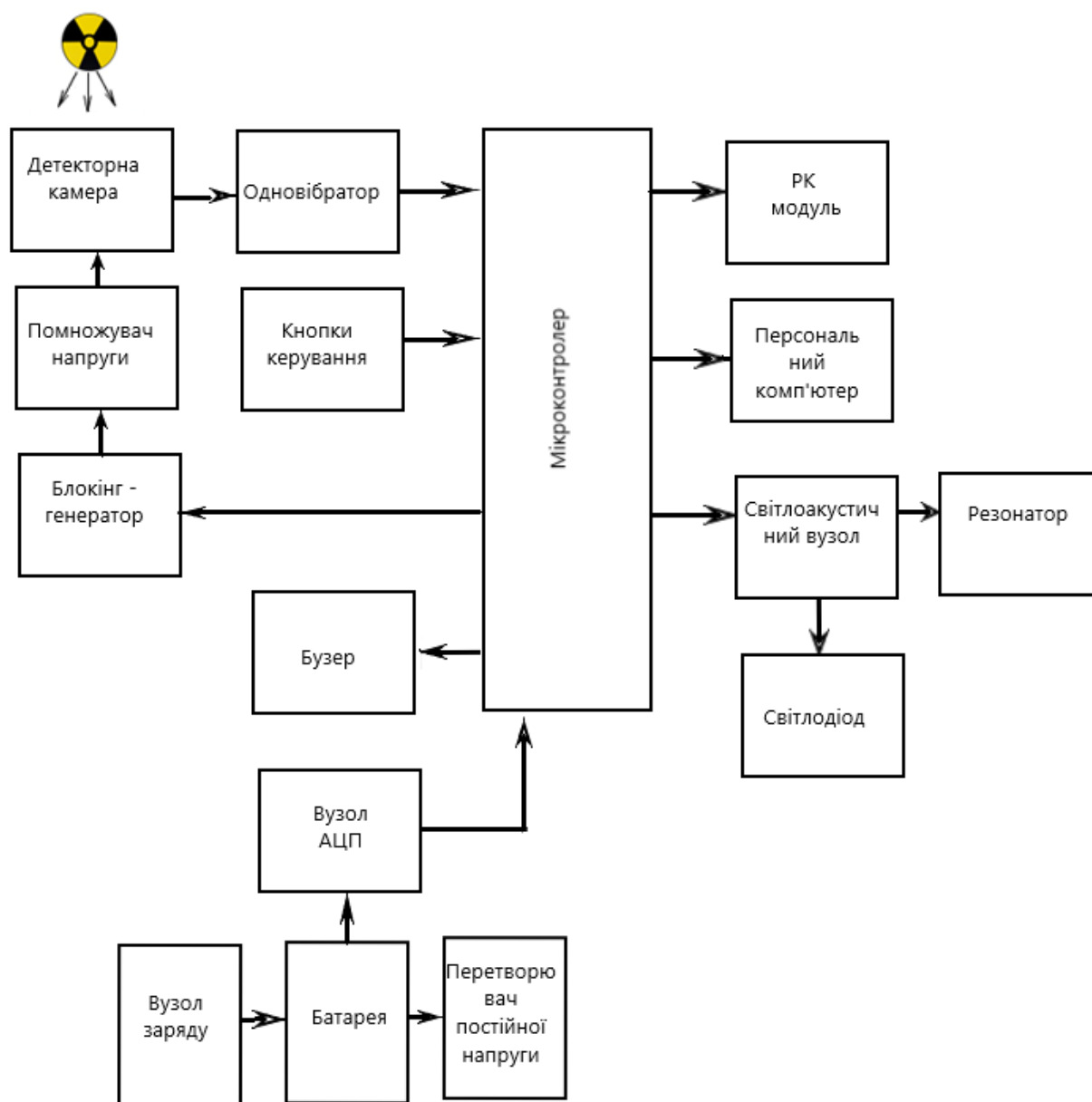


Рисунок 2.9 - Блок схема дозиметра

2.3.2 Вибір мікроконтролеру

Мікроконтролер ATmega8 від компанії AVR вибирають тисячі радіолюбителів і професіоналів по всьому світу завдяки ідеальному поєднанню ціни, функціональності і простоті застосування в електронних пристроях, що проектуються. Для прошивки мікроконтролера ATmega8 не потрібно складного спеціалізованого обладнання [21].

Мікроконтролери сімейства Mega також мають найбільший об'єм пам'яті програм та даних, але вони й мають і найбільш розвинену периферію серед всіх мікроконтролерів AVR. Mega призначені для використання в мобільних телефонах, в контролерах різних периферійних пристроях (принтери, сканери, сучасні дискові накопичувачі) важкої офісної техніки.

Мікроконтролери підтримують декілька режимів зниженого використання енергії, мають блок переривання, сторожовий таймер та дозволяють програмувати безпосередньо в зібраному приладі.

До особливостей мікроконтролерів AVR сімейства MEGA можна віднести [22]:

- FLASH пам'ять програм від 8 до 256 Кбайт;
- Оперативна пам'ять (статичний ОЗП) об'ємом від 512 байт до 8 Кбайт;
- Пам'ять даних на основі EEPROM об'ємом від 256 байт до 4 Кбайт (число циклів стирання/запису не менше 100000);
- Можливість захисту від зчитування та модифікації пам'яті програм та даних;
- Можливість програмування безпосередньо в системі через послідовні інтерфейси SPI та JTAG;
- Можливість само програмування;
- Різні способи синхронізації: вмонтований RC –генератор з внутрішньою та зовнішньою часу задаючою RC – ланцюгом, вмонтований генератор з зовнішнім кварцовим або п'єзокерамічним резонатором, зовнішній сигнал синхронізації;
- Мікроконтролери сімейства MEGA мають великий набір периферійних пристроїв:
- Один або два 8-бітних таймера/лічильника. В усіх моделях з двома 8-бітними таймерами/лічильниками один з них може працювати в якості годинників реального часу (в асинхронному режимі);
- Від одного до 16-бітних таймерів/лічильників;
- Сторожовий таймер;

- Аналоговий компаратор;
- Послідовний синхронний інтерфейс SPI;

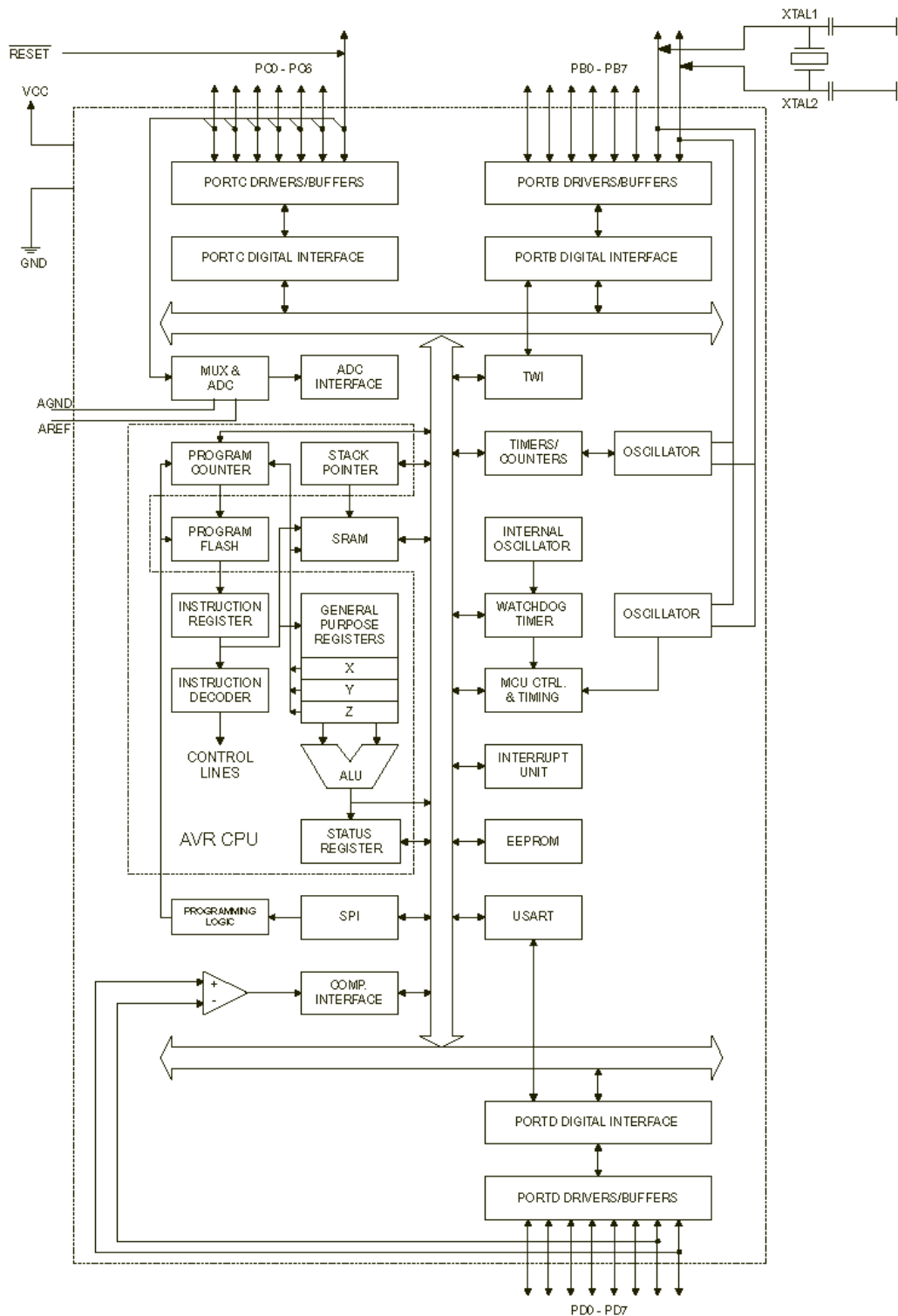


Рисунок 2.10 Блок – схема процесора АТМега 8

2.3.3 Розробка схеми електричної принципової

Цифровий дозиметр призначений для визначення рівня іонізуючої радіації.

Реагує на бета, гамма, а також рентгенівське випромінювання [23].

Вимірювання проводиться за 20сек в одиницях мкР/год, природний радіаційний фон 8–9 мкР/год, іноді перевищує середні величини 10–20 мкР/год.

Електрична принципова схема дозиметра представлена на рис.2.16 [24].

Пристрій має:

- 1) Циклічний режим вимірювання.
- 2) Режим апроксимації замірів з подальшим зменшенням відсотка похибки з 80% до 25%.
- 4) 20 комірок незалежної пам'яті для запису значень вимірювання.
- 5) Буфер значення попереднього вимірювання.
- 6) Регульований рівень тривожної сигналізації з пам'яттю.
- 7) Коригування часу вимірювання фону за один прохід.
- 8) Світло / звукова візуалізація випромінювання.
- 9) Індикатор рівня заряду батареї.
- 10) Збереження всіх налаштувань в незалежну пам'ять.

Додаткові вузли:

Це вузли, які не впливають на результат вимірювання радіації, до них відносяться:

1. Світло-акустичний вузол індикації.
2. Аналого-цифровий перетворювач.
3. Вузол заряду акумулятора.
4. Вузол підсвічування РК модуля, R12-13, VT4.
5. Зовнішній модуль передачі даних в комп'ютер.

Схема дозиметра зображена на рис. 2.15.

Головним елементом конструкції є датчик радіації- лічильник Гейгера (ЛГ) СБМ -20. Таких лічильників, у запропонованому приладі - два, що дозволило проводити заміри не за 40сек а за 20, при цьому підвищилася загальна спектральна чутливість.



Рисунок 2.11 –Зовнішній вигляд СБМ -20

Таблиця 2.4 -Технічні характеристики СБМ-20

Рекомендована робоча напруга	400 В
Діапазон робочої напруги	350-475 В
Діапазон потужності експозиційних доз гамма - випромінювання	0,004-40 мкР/с, 0,014-144 мР/ч
Максимальний допустимий струм	20 мкА
Габаритні розміри	108 мм × d10 мм

Живлення здійснюється високою постійною напругою 400В. Блокінг-генератор (БГ) генерує напругу 200В. Для підсилення напруги($2 \times 200 = 400$) використано помножувач напруги. Така схема підключається до мережі живлення 220 В змінного струму. Використовуємо середовище LTspice для моделювання роботи помножувача напруги, оскільки даний симулятор дозволяє проводити аналіз перехідних процесів, аналіз шумових характеристик та напругу у будь-якій точці схеми.

Помножувач напруги складається з декількох ланок, кожна з яких містить один діод і один конденсатор. Коефіцієнт множення дорівнює кількості ланок. Для перевірки схеми задаємо вхідну напругу 220 В зі змінним струмом 50 Гц (показано зеленим кольором). При замірі напруги на виході «1»

отримаємо значення 438 В постійного, що входить в діапазон робочої напруги СМБ-20 (червоний кольор) та відповідає коефіцієнту підсилення 2. Для перевірки роботи схеми перевіримо напругу на виході «2» (синій кольор). При замірі напруги отримаємо значення 879 В, що відповідає коефіцієнту підсилення 3, отже, схема працює вірно.

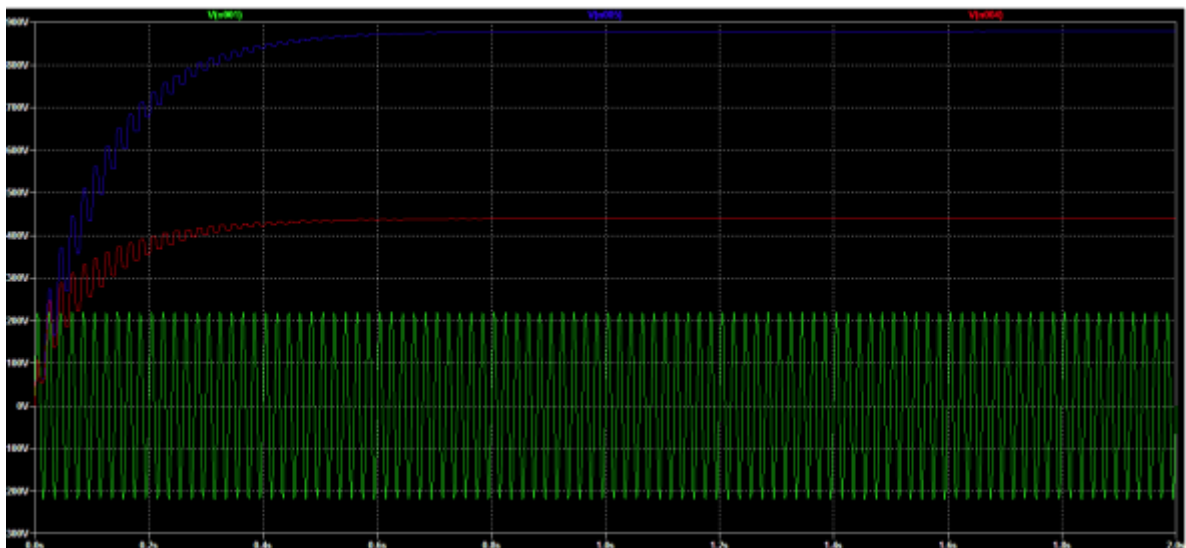
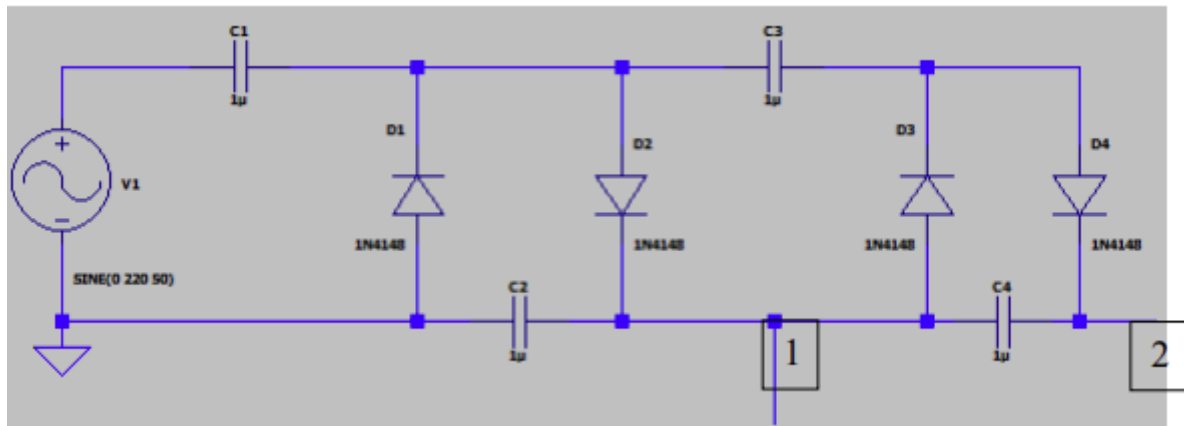


Рисунок 2.12 - Результати моделювання помножувача напруги

Резистори R4-5 служать навантаженням ЛГ, конденсатори С4-5 є розділовими, після них, сигнал з ЛГ(форма сигналу представлена на рисунку 2.11) надходить на одновібратор, який формує із завалених імпульсів з ЛГ-прямокутні, для вірної роботи мікроконтролера.

Мікроконтролер (МК) виконує всі логічно-цифрові завдання, по виміру та управлінню зовнішньою периферією. МК видає імпульси підкачки для БГ, стосовно частинок, що прийшли (графік представлено на рис.2.13). Він

управляє РК модулем, підсвічуванням, генератором для акустичного випромінювача, світлодіодом.

Для того, щоб виміряти напругу живлення, вхід аналого-цифровий перетворювача, вивід 26 мікроконтролера, підключено через обмежувальний резистор R1, до акумулятора.

Заряд акумулятора відбувається коли до гнізда X2, підключена вилка зарядного пристрою, при цьому розмикаються контакти 2 і 3 (X2) відключається живлення дозиметра, струм заряду протікає через струм обмежуючий резистор R17, також про рівень заряду сигналізує світлодіод HL2.

При фіксуванні частинки лічильник стає провідним, і в точці з'єднання елементів R7 і транзистора VT5 створюється імпульс напруги, який відкриває транзистор VT5. Відкритий транзистор замикає логічний вхід 2 мікросхеми DD1 на землю, тим самим подаючи на вхід 2 логічний нуль.

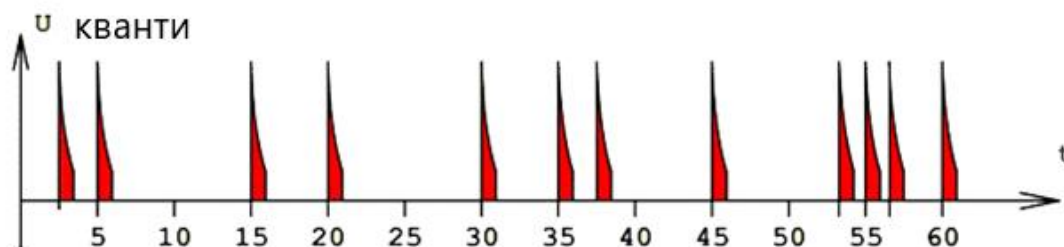


Рисунок 2.13 – Імпульси струму ЛГ

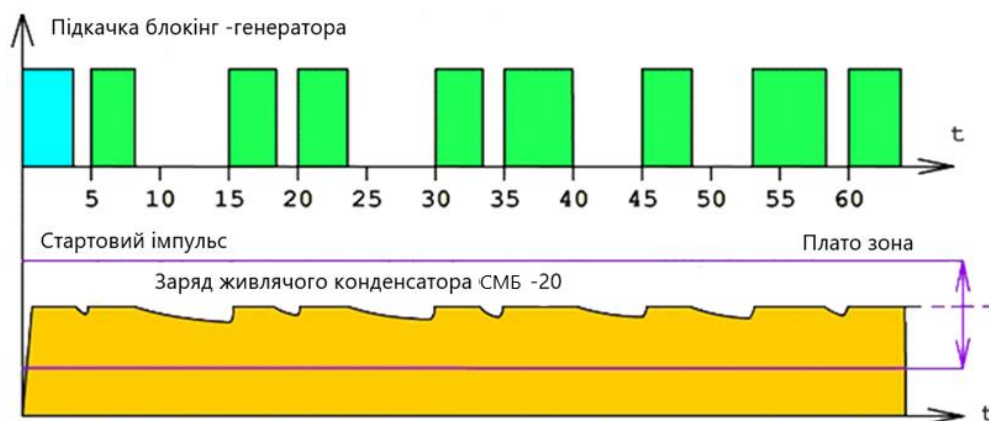


Рисунок 2.14 – Імпульси підкачки для БГ

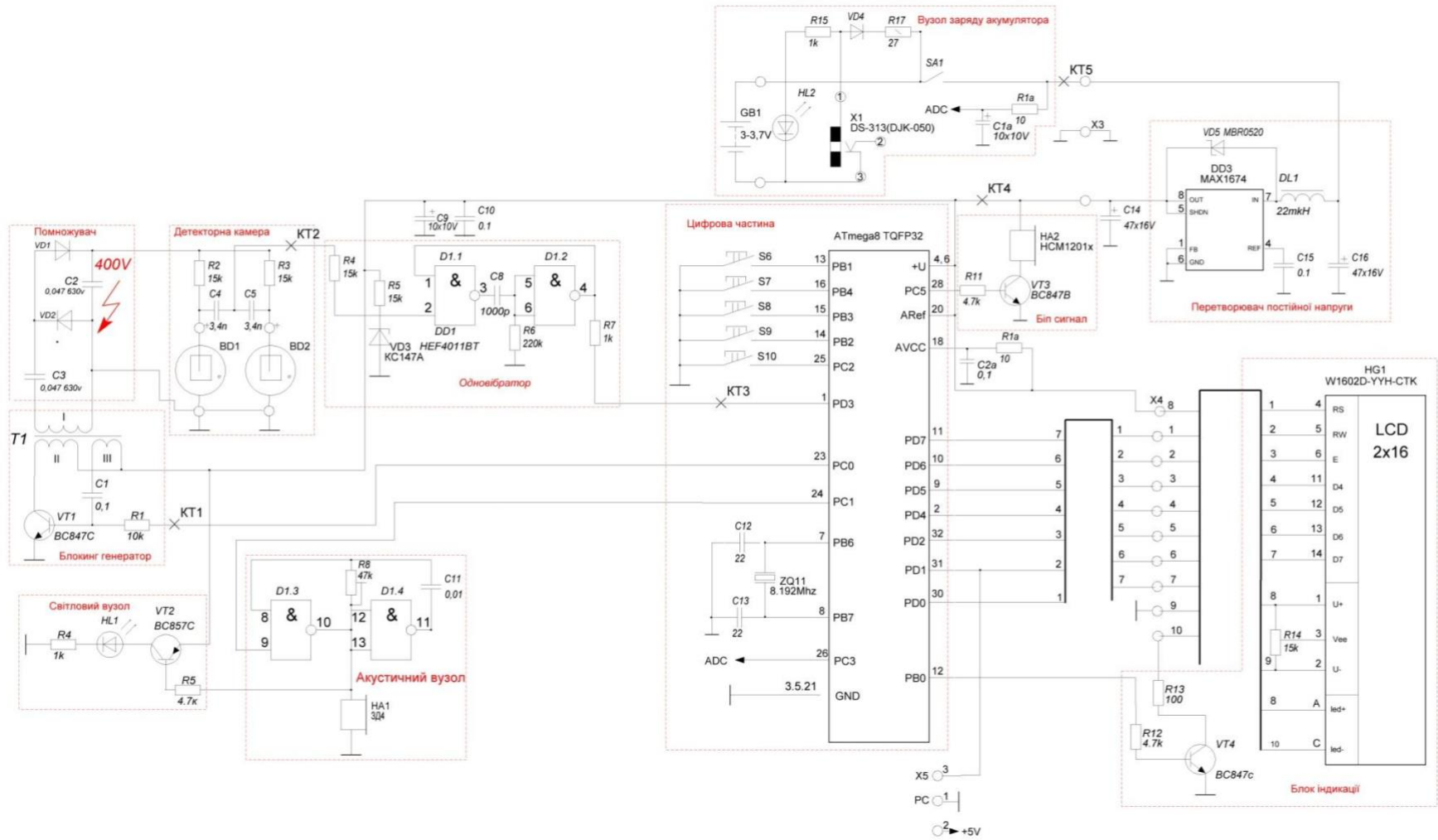


Рисунок 2.15 - Електрична принципова схема дозиметра

2.3.4 Розробка печатної плати

На основі схеми електричної принципової було розроблено топологію друкованої плати дозиметра (рис. 2.16) .

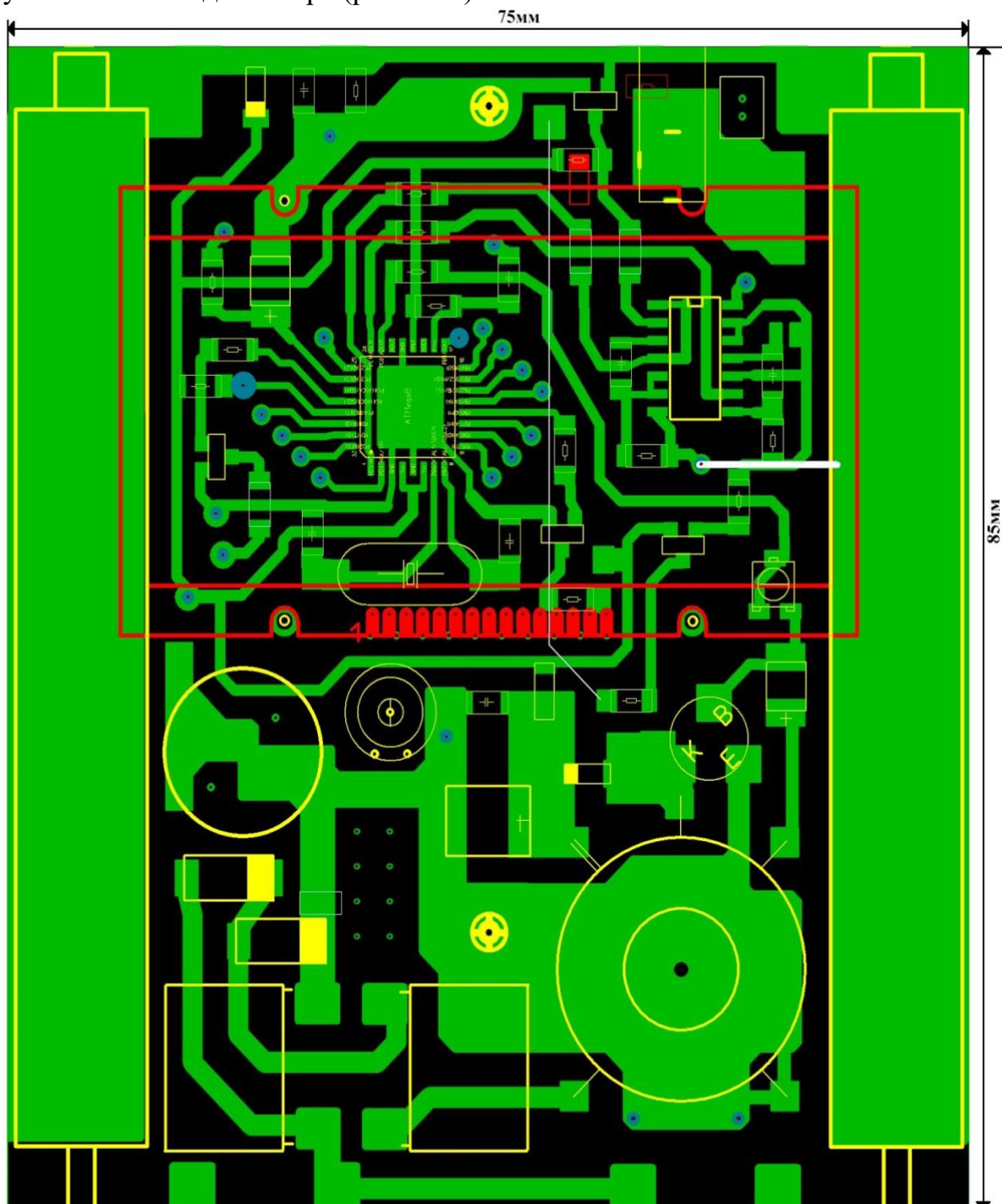


Рисунок 2.16 - Печатна плата дозиметра

На рисунку 2.17 - Представлена печатна плата клавіатури дозиметра

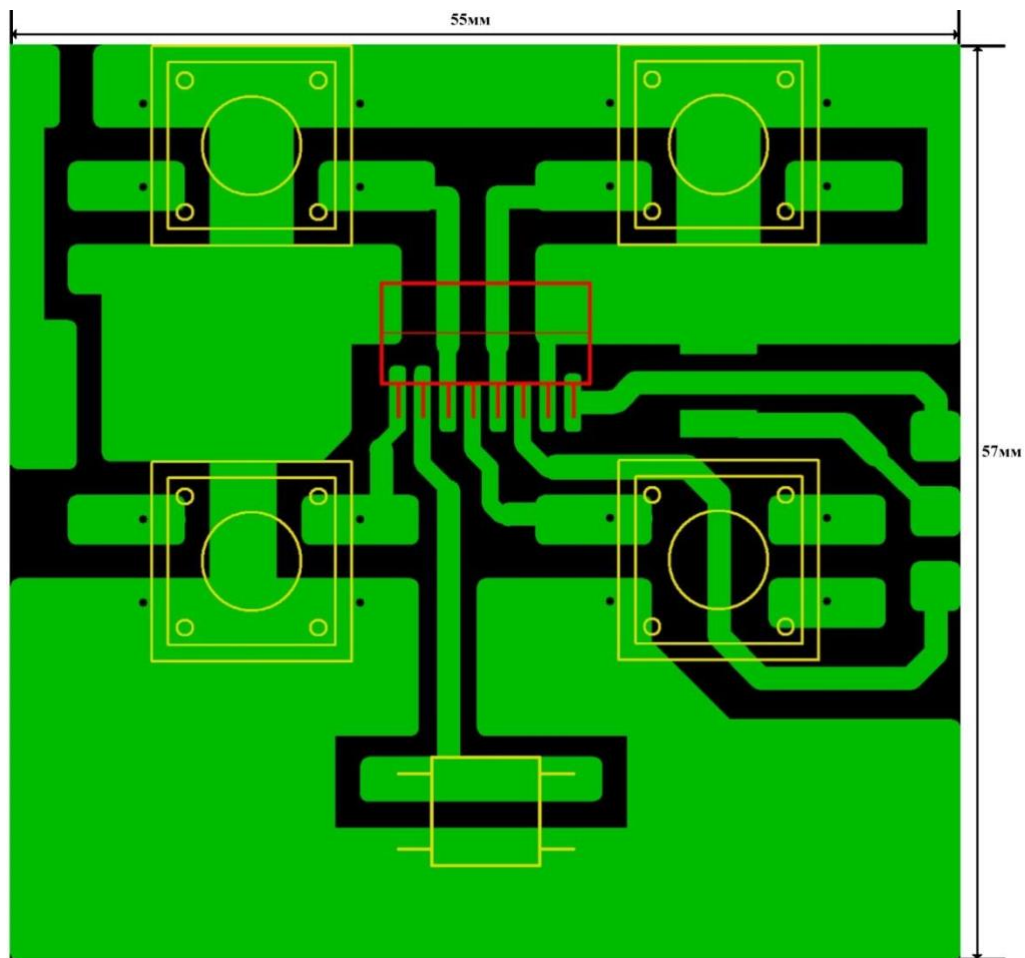


Рисунок 2.17 - Печатна плата клавіатури дозиметра

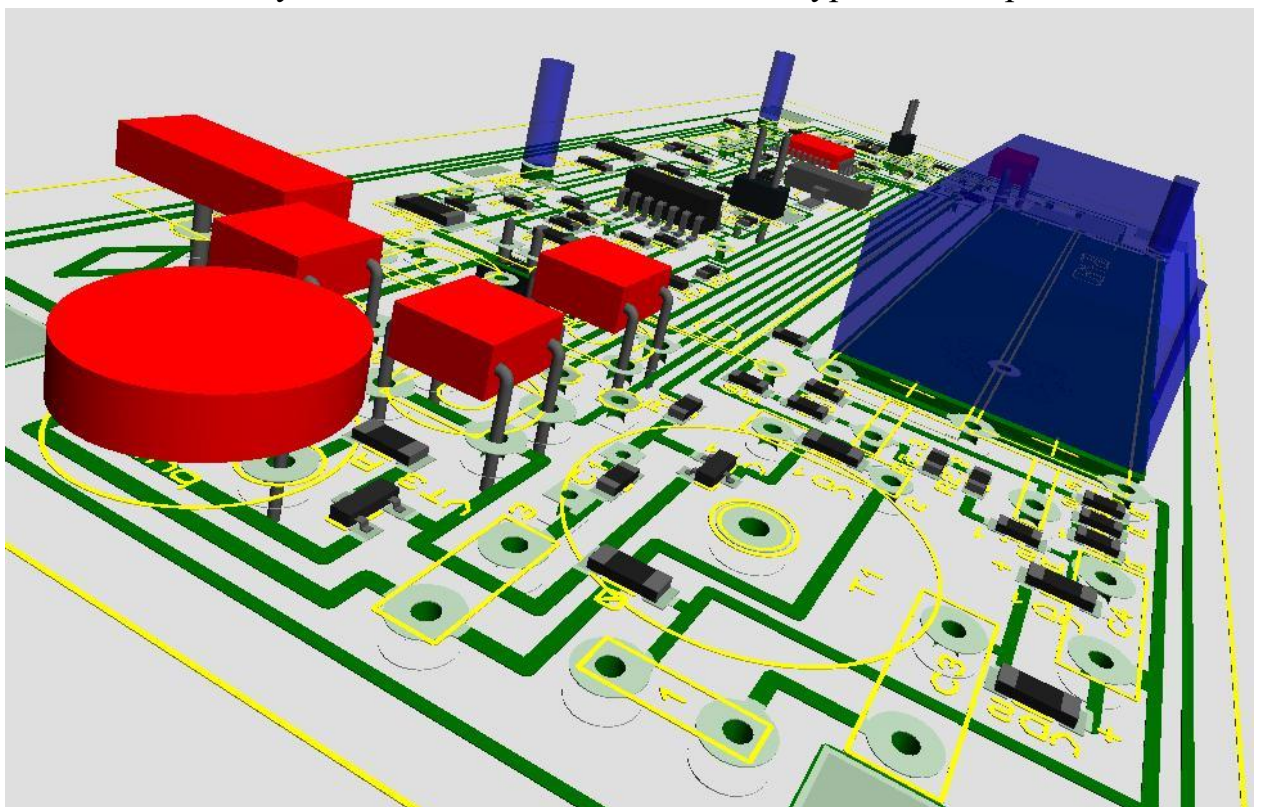


Рисунок 2.18 - 3 D модель приладу

Таким чином розроблений дозиметр відповідає і перевершує зарубіжних виробників за такими технічними характеристиками: 1) швидкодія; 2) час вимірювання; 3) діапазон реєстрованого випромінювання; 4) ергономічність; 5) вартість; має низьку вартість у виробництві, має не великі габарити, вимірювання проводиться за 20сек, реагує на бета, гамма, а також рентгенівське випромінювання, для використання не потрібно спеціальних знань, має РК дисплей та акустичну систему оповіщення.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

У сучасному світі, де кількість електроприладів росте з кожним днем, виникає потреба в потужних електростанціях, такими електростанціями є АЕС. При всій своїй ефективності АЕС так само є й величезними проблемами. Викиди радіоактивних речовин в атмосферу, аварії, забруднення рік, морів, озер радіоактивними речовинами згубно впливає на всі живі організми.

Дипломна робота «дослідження впливу радіоактивного випромінювання на біологічні об'єкти, розробка дозиметра» присвячена розробці приладу для виміру радіоактивного тла, який виконано на вітчизняній елементній базі, простий за конструкцією, низько коштовний та може бути виготовлений навіть у домашніх умовах.

3.1 Огляд дозиметрів

Дозиметр SMG-1



Рисунок 3.1 - Дозиметр SMG-1

Таблиця 3.1 – Характеристики дозиметра SMG-1

Технічні характеристики:	
Дисплей	кольоровий TFT 2"
Детектор	газорозрядний лічильник Гейгера-Мюлера типу СБМ 20
Вимірювані величини	потужність амбієнтного еквівалента дози - від 0,09 до 999 мкЗв/год;
Похибка вимірювання	$20+6/(\text{потужність дози у мкЗв/ч}) \%$
Час вимірювання (регулюється)	40, 60 сек.;
Живлення	от Li-Ion аккумулятора 3,7 В, 850 мА/ч (BL-8N);
Діапазон напруги	3,7 -5В
Габарити	111 x 46 x 19 мм;
Діапазон робочих температур	від -10 °С до +50 °С.
Вартість	2 100 грн.

Дозиметр СОЭКС-01М



Рисунок 3.2 - Дозиметр СОЭКС-01М

Таблиця 3.2 – Дозиметр СОЭКС-01М

Технічні характеристики:	
Дисплей	кольоровий TFT, роздільна здатність 128x160 пікс.
Детектор	газорозрядний лічильник Гейгера-Мюлера типу СБМ 20-1
Вимірювані величини	потужність амбієнтного еквівалента дози - від 0,01 до 999 мкЗв/год; енергія гамма-випромінювання - від 0,1 до 1,25 МеВ; енергій бета-випромінювання, що реєструється - від 0,2 до 3,5 МеВ; поточний та середній радіаційний фон;

	накопичена доза випромінювання;
Похибка вимірювання	15+6/(потужність дози у мкЗв/ч) %
Час вимірювання (регулюється)	25+5 сек.;
Живлення	акумулятори або батарейки типу "AAA"
Діапазон напруги	1,9 -3,5В
Габарити	105x43x18 мм
Діапазон робочих температур	від -10 °С до +45 °С.
Вартість	1 350 грн

Дозиметр МКС-05 ТЕРРА-П+



Рисунок 3.3 - МКС-05 ТЕРРА-П+

Таблиця 3.3 – Дозиметр МКС-05 ТЕРРА-П+

Технічні характеристики:	
Дисплей	Чорно-білий
Детектор	газорозрядний лічильник Гейгера-Мюлера
Вимірювані величини	накоплена еквівалентна доза до 10000 мЗв; потужність еквівалентної дози випромінювання, до 5000 мкЗв/ч;
Похибка вимірювання	$21+6/(\text{мощность дозы в мкЗв/ч}) \%$
Час вимірювання (регулюється)	понад 60 сек.;
Живлення	батарейки типа 2шт "AAA"
Діапазон напруги	1,9 -3,5В
Габарити	120x52x26 мм
Діапазон робочих температур	від -20 °С до +50 °С.
Вартість	11 100 грн

Розроблений прилад

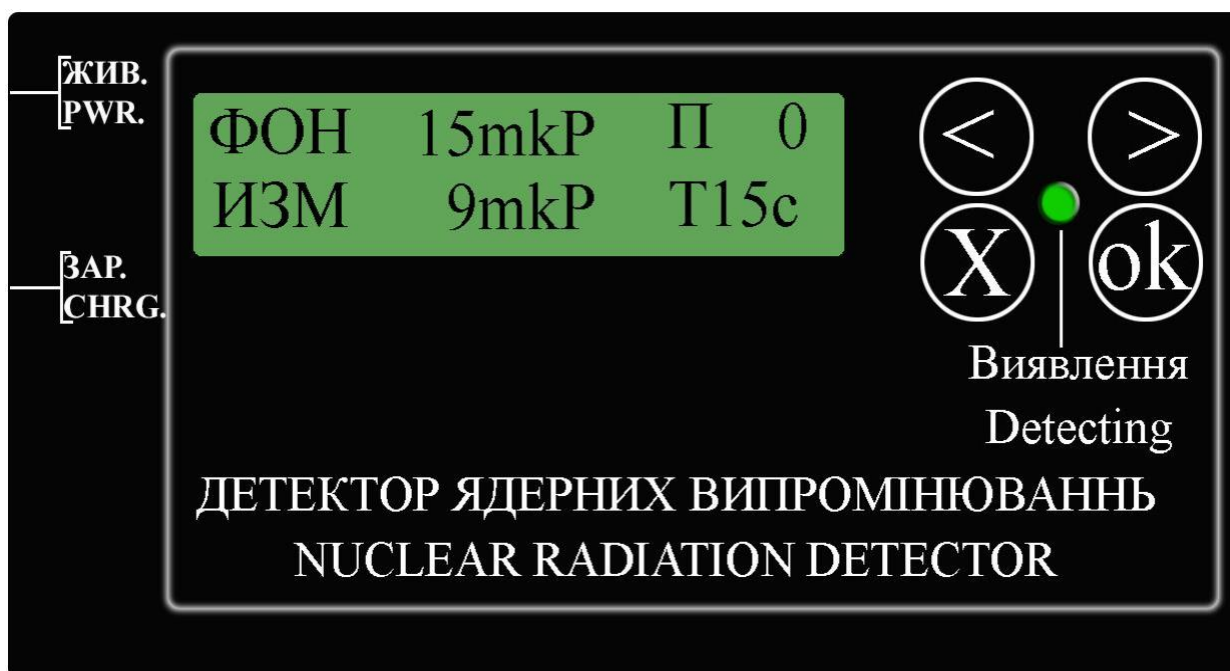


Рисунок 3.4 - Розроблений прилад

Таблиця 3.4 – Розроблений прилад

Технічні характеристики:	
Дисплей	РК - індикатор
Детектор	газорозрядний лічильник Гейгера-Мюлера типу СБМ 20-1
Вимірювані величини	потужність амбієнтного еквівалента дози - від 0,01 до 999 мкЗв/год; енергія гамма-випромінювання - від 0,1 до 1,25 МеВ; енергій бета-випромінювання, що реєструється - від 0,2 до 3,5 МеВ; поточний та середній радіаційний фон; перевищення норми.
Похибка вимірювання	$14+6/(\text{потужність дози у мкЗв/ч}) \%$

Час вимірювання (регулюється)	17+5 сек.;
Живлення	Li-Ion акумулятор 3,3В, 2300 мА/ч (А123)
Діапазон напруги	3,3-5В
Габарити	85x75x55 мм
Діапазон робочих температур	від -20 °С до +60 °С.
Вартість	1 210,7 грн

3.2 Порівняльний аналіз дозиметрів за критеріями

Дозиметри, різних виробників кожен має свої позитивні та негативні якості.

Тому для вибору кращого дозиметра(табл.3.1) проаналізуємо ієрархії чотирьох варіантів враховуючи шкалу відносної важливості (табл.3.2) [25]

Таблиця 3.5 – Варіанти видів штучних іонізаторів

Технологія	Короткий опис (Дозиметри)
А	SMG-1
В	СОЭКС-01М
С	МКС-05 ТЕРРА-П+
Д	Розроблений прилад

Таблиця 3.6 – Шкала відносної важливості

Інтенсивність відносної важливості	Визначення
1	рівна важливість
3	помірна перевага
5	сильна перевага
7	значна перевага
9	дуже сильна перевага
2,4,6,8	проміжні судження

Вибір робимо за критеріями, наведеними в таблиці 3.3, встановлюємо відносну вагу кожного критерію на основі матриці попарних порівнянь для обраних критеріїв.

Таблиця 3.7 – Попарне порівняння критеріїв

Критерій	1	2	3	4	5	$\sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 a_i}$	X_i
1. Швидкодія	1	1/7	1/7	1	1	0,77	0,08
2. Час вимірювання	7	1	1	5	5	2,8	0,31

3. Діапазон реєстрованого випромінювання	7	3	1	5	5	3,49	0,38
4. Ергономичність	1	1	1	1	1/3	0,8	0,09
5. Вартість	1	1	1	3	1	1,24	0,14
						9,1	1

Далі аналогічно складаємо 6 матриць попарних порівнянь альтернатив стосовно кожного критерію (таблиці 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9). Оскільки тепер порівнюються 4 технології по одному критерію, то $i = 1, 2, 3, 4$;

$$X_i = \frac{\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}}{\sum_{i=1}^4 \sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}}; \sum - \text{сума по стовпці } \sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}.$$

Таблиця 3.8 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «швидкодії»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X_i
A	1	5	5	3	2,94	0,5
B	1/5	1	1	1	0,66	0,11
C	1/5	1	1	1	0,66	0,11
D	1/3	5	5	1	1,69	0,28
					5,95	1

Таблиця 3.9 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «час вимірювання»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	1	1	1	1	1	0,17
B	5	1	3	1	1,96	0,34
C	5	1/3	1	1	1,13	0,2
D	7	1	1	1	1,62	0,29
					5,71	1

Таблиця 3.10 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «діапазон реєстрованого випромінювання»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	1	1	1	1	1	0,17
B	3	1	1	1	1,31	0,21
C	5	3	1	1	1,96	0,31
D	5	3	1	1	1,96	0,31
					6,23	1

Таблиця 3.11 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «ергономічність»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	1	1	5	1	1,49	0,27
B	3	1	3	1	1,73	0,31
C	1/5	1/3	1	1/3	0,6	0,1
D	3	1	3	1	1,73	0,31
					5,55	1

Таблиця 3.12 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «вартість»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	1	1	1	1	1	0,2
B	3	1	3	1	1,73	0,34
C	5	1/3	1	1	1,13	0,22
D	7	1	1/3	1	1,24	0,24
					5,1	1

Глобальний пріоритет для кожної альтернативи обчислюється як сума добутків кожного локального пріоритету на його ваговий коефіцієнт.

Таблиця 3.13 – Глобальний пріоритет для кожної альтернативи

Пріоритети	№1	№2	№3	№4	№5	Глобальний
Вага	0,08	0,31	0,38	0,09	0,14	
SMG-1	0,5	0,17	0,17	0,27	0,2	0,2096
СОЭКС-01М	0,1 1	0,34	0,21	0,31	0,34	0,2695
МКС-05 ТЕРРА-П+	0,1 1	0,2	0,31	0,1	0,22	0,2284
Розроблений прилад	0,2 8	0,29	0,31	0,31	0,24	0,2916

Висновки: За допомогою методу аналізу ієрархій проведено порівняння чотирьох дозиметрів різних виробників за наступними критеріями: 1) швидкодія; 2) час вимірювання; 3) діапазон реєстрованого випромінювання; 4) ергономічність; 5) вартість.

За даними таблиць глобальний пріоритет за багатьма критеріями є найвищим для розробленого дозиметра. Тому перевага віддається розробленому приладу, саме він й буде використовуватися у для виконання вимірювань

3.3 Розрахунок витрат на елементи електричної схеми

Таблиця 3.14 – Розрахунок вартості покупних виробів

Найменування елемента	Тип	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Лічильник Гейгера	СБМ-20	2	290	580,0
Конденсатор	К10-17	16	4,35	69,6
Транзистор	BC857C/	1	19,47	77,88
	BC847C/	2		
	BC847B	1		
Резистор	МЛТ-0.125	18	0,76	13,68
Діод	КД104А/ МВR0520	4/1	1,76/2,75	9,79
Звуковипромінювачі	НСМ1201х/ НРЕ227	2	35/37,25	72,25
ІМС стандартної логіки	HEF4011BT	4	15	60,0
Імпульсний перетворювач напруги	LM2621	1	50	50,0
Мікроконтролер	TQFP32	1	70,50	70,50
Дисплей	WH1602D- YGH-CT	1	200	200,0
Роз'єм живлення		2	3,5	7,0
Разом				1210,7

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Згідно до розділу 2, при розробці дозиметрів можуть виникнути наступні потенційно небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- підвищений рівень шуму, що викликаний роботою приладів;
- зміна температури повітря в приміщенні;
- зміна вологості повітря в приміщенні;
- понижена швидкість повітря в приміщенні;
- освітленість робочого місця;
- вплив хімічних речовин ті інфрачервоного випромінювання під час паяння.

Робота в умовах підвищеного шуму викликає швидку стомлюваність, загострює слух на високих частотах. Потім починається погіршення слуху, яке поступово розвивається в глухуватість і глухоту. Шум згубно діє не тільки на слуховий апарат, але і на центральну нервову систему людини, роботу серця, служить причиною багатьох інших захворювань.

Освітлення – недостатнє освітлення викликає зменшення продуктивності праці, підсилює стомлюваність, збільшує кількість помилкових дій, що можуть привести до браку або нещасному випадку, також може розвинути короткозорість.[30]

Мікроклімат – відхилення окремих параметрів мікроклімату від рекомендованих значень знижують працездатність, погіршують самопочуття, і можуть привести до професійних захворювань. Так, при низькій температурі повітря відбувається охолодження організму, що сприяє виникненню простудних захворювань. При високій температурі виникає перегрів

організму, що веде до підвищеного потовиділення й зниженню працездатності. Працівник втрачає увагу, що може стати причиною нещасного випадку. Підвищена вологість повітря утрудняє випар вологи з поверхні шкіри й легенів, що веде до порушення терморегуляції організму, і до погіршення стану людини й зниженню працездатності. При зниженій відносній вологості в людини з'являється відчуття сухості слизуватих оболонок верхніх дихальних шляхів. Швидкість руху повітря також має немаловажне значення, при температурі до 35-36° С виявляє на людину освіжаюча дія, а при температурі більш 40° С – несприятливе.

4.2 Заходи з поліпшення умов праці та виробнича санітарія

Для захисту від шуму застосовуються наступні основні методи:

- технічні заходи, які спрямовані на зменшення шуму від джерела їх утворення;
- раціональне планування приміщення для зменшення шумів, виникаючих в приміщенні від внутрішніх джерел;
- використання систем звуко- та шумоізоляції;
- використання засобів та пристроїв індивідуального захисту.

По характеру виконувана на ділянці робота ставиться до легкої фізичної категорії 1б (проводиться сидячи, коштуючи або пов'язана з ходьбою й супроводжується деякою фізичною напругою). У приміщенні, де проводяться роботи такої категорії для забезпечення сприятливого впливу мікроклімату можна використовувати системи центрального кондиціонування (багатосекційні та багатофункціональні системи, які розміщуються у відведеному для неї приміщенні або за межами будівлі), які дозволяють контролювати оптимальні значення температури, вологості та швидкості повітря в приміщенні.

У приміщенні де проводяться роботи категорії 1б установлені наступні нормовані значення мікрокліматичних умов:[31]

- температура повітря в холодний період року 23-25° С;
- відносна вологість 40-60%;
- температура повітря в теплий період року 22-24° С;
- швидкість руху повітря не більш 0,2 м/с.

Освітленість повинна забезпечуватись комбінованим штучним освітленням, тому що необхідна висока точність при виконанні роботи. Комбіноване штучне освітлення полягає в розподілі світильників рівномірно по всій площі приміщення та додатковому освітленню, яке концентрує світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Вплив хімічних речовин та інфрачервоного випромінювання можна зменшити за допомогою засобів індивідуального захисту – маски, теплозахисний одяг.

Для зменшення дії психофізіологічних факторів необхідно розробити сприятливий графік роботи з необхідною для відпочинку перервою.

Виділення шкідливих речовин – при роботі на ділянці травлення друкованих плат виділяється велика кількість шкідливих речовин. Травлення відбувається в розчині соляної кислоти, температура розчину становить 60-70°С. При цьому виділяються хлорид міді CuCl_2 , водень H_2 , можливе виділення хлору Cl_2 . Водень при змішуванні з атмосферним киснем утворює вибухонебезпечну суміш. Хлор ставиться до другого класу небезпеки (високонебезпечні речовини), його нормована гранично допустима концентрація в повітрі робочої зони становить 1 мг/м^3 [31]. Він може викликати важкі отруєння зі смертельним результатом. Для захисту від впливу на людину шкідливих речовин необхідне застосування не тільки загальної, але й місцевої вентиляції.

Для ефективного відводу забрудненого повітря від ділянки по травленню друкованих плат застосуємо двохбортові відсмоктувачі, розташовані близько кожної із чотирьох ванн для травлення друкованих плат.

Ванни мають однакові розміри 500X200 мм. Схема двохбортового відсмоктувача наведено на рисунку 4.1. Кількість повітря L (м³/година), що віддаляється одним двохбортовим відсмоктувачем, визначається по формулі:[31]

$$L=1400(0,53Bl_2/(B+l_2)+H)^{1/3}Bl_2k_1k_2k\Delta t,$$

де B – розрахункова ширина ванни, м;

l_2 – довжина ванни, м;

H – відстань від дзеркала електроліту до осі щілини, м (з конструктивних міркувань ухвалюємо 100 мм);

k_1 - коефіцієнт обліку конструкції відсмоктувача, прийнятий рівним 1 для двохбортового відсмоктувача;

k_2 – коефіцієнт обліку токсичності, що виділяються шкідливих речовин, ухвалюється рівним 1,25;

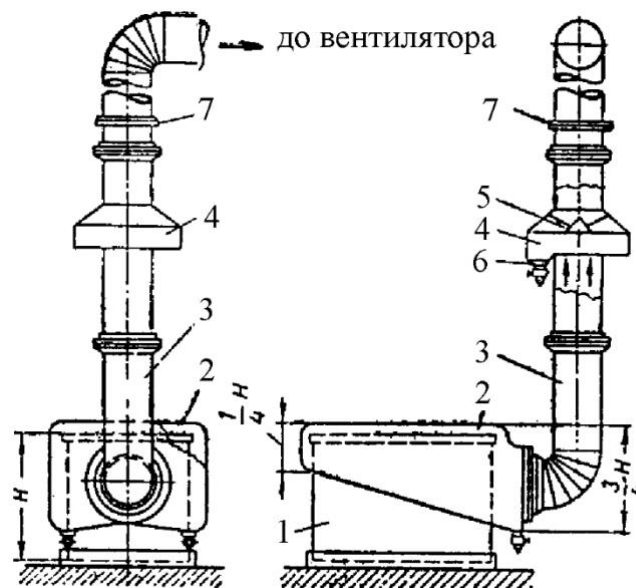


Рисунок 4.1 - Схема двостороннього бортового відсмоктувача:

1 – корпус ванни; 2 – кожух бортового відсмоктувача; 3 – витяжний повітря відвід; 4 – збірник для вловлювання розчину; 5 – конус у збірнику; 6 – видалення конденсату; 7 – заслінка.

$k\Delta t$ - коефіцієнт обліку температури електроліту, при різниці температур електроліту й навколишнього повітря в 50 °С ухвалюється рівним 1.79.

Остаточо, маємо:

$$L=1400*(0,53*0,5*0,2/(0,5+0,2)+0,1)^{1/3}*0,5*0,2*1,79*1,25*1=175\text{ м}^3/\text{год}$$

Загальна кількість повітря, що віддається, м³/год, дорівнює:

$$L_{\text{заг}}=L*n$$

де n – кількість двохбортових відсмоктувачів.

$$L_{\text{заг}}=175*8=1400\text{ м}^3/\text{год}$$

У якості вентилятора, що видаляє такий обсяг повітря, можна застосувати вентилятор марки ДО315L фірми “VENTRADE”, що має наступні технічні характеристики:

Таблиця 4.1 - Технічні характеристики обраного вентилятора марки ДО315L фірми “VENTRADE”

Споживана потужність, Вт	319
Потік, м ³ /год	1660
Частота обертання, об/хв	2645
Звуковий тиск, db(A)	46
Вага, кг	5

Заходу безпеки при роботі з ваннами для травлення друкованих плат і травильними розчинами:

- вентиляція в цеху включається до початку робіт, а вимикається тільки після їхнього закінчення;
- категорично забороняється робота з несправною вентиляцією, тому що в цьому випадку виділюваний хлор може викликати отруєння людей, а водень створює з атмосферним киснем вибухонебезпечну суміш;
- усі роботи проводяться в гумових рукавичках і скляних окулярах щоб уникнути влучення травильного розчину на шкіру й в очі;
- у випадку влучення розчину в очі або на шкіру, ушкоджені ділянки тіла необхідно промити водою протягом 15-20 хвилин і звернутися до лікаря;
- ємності із травильним розчином зберігаються в щільно закупорених ємностях у місцях, що виключають їхнє можливе ушкодження;
- усі працівники зобов'язано знати техніку безпеки й заходу надання першої допомоги потерпілим при отруєннях хлором і іншими хімічними речовинами, а також при поразці електричним струмом.[32]

4.3 Заходи електробезпеки

Приміщення виробничої ділянки по травленню друкованих плат хімічним методом – ставиться до особливо небезпечного приміщення, тому що в ньому:

1. Є присутнім активне хімічне середовище (хлорне залізо, соляна кислота), яке здатне викликати руйнування ізоляції й зменшення її опору.

2. Можливий дотик людини до металоконструкцій, що мають з'єднання із землею, будинку (батареям центрального опалення й ін.), технологічним апаратам, механізмам з одного боку, і до металевих корпусів електроустаткування, що перебуває під напругою;
3. Є бетонна підлога, яка за певних умов може стати електропровідною (підвищена вологість і ін.);

По характеру навколишнього середовища приміщення ставиться до класу приміщень із активним хімічним середовищем.

По ступеню доступності ділянка ставиться до виробничих приміщень (устаткування доступне для обслуговуючого персоналу неелектротехнічних спеціальностей, що не мають достатньої вистави про безпеку при роботі з електроустаткуванням).

У приміщенні даного класу використовується чотирипровідна електромережа із глухо-заземленої нейтраллю й з нульовим захисним провідником, тому що неможливо забезпечити гарну ізоляцію проводів внаслідок наявності агресивного хімічного середовища. Мережа електроживлення – трифазна, 380/220 В.

Поразка електричним струмом може відбутися при короткому замиканні проводки на металевий корпус апаратури, при недотепному обігу з електрообладнанням, при випадковому торканні струмоведучих частин. Для захисту персоналу від поразки електричним струмом застосовуються занулення, що забезпечує швидке відключення апарата при замиканні струмоведучих частин на металевий корпус, обладнання захисного відключення, що автоматично відключають електроустановку при потенційній можливості зіткнення людини зі струмоведучими частинами, а також захисне заземлення.[33]

Розрахуємо опір захисного заземлення.

Розрахунки ведеться по формулах, наведених в [1]. Заземлююче обладнання використовує природні заземлювачі (частини металевих

конструкцій, що перебувають у землі), обмірюваний опір розтіканню яких $R_e=25 \text{ Ом}$.

Необхідний опір захисного заземлюючого обладнання для цього випадку (відповідно ДО ДЕРЖСТАНДАРТУ 121.038-81) повинне бути не більш 4 Ом. Отже, додатково до природнього заземлювача монтується штучний з вертикальних сталевих стрижнів довжиною $L=2.5 \text{ м}$, діаметром 15 мм, верхні кінці яких з'єднуються сталевією смугою перетином $20 \times 4 \text{ мм}^2$, покладеної в ґрунт (суглинок) з питомим опором $\rho=120 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ і на глибині $t=0,5 \text{ м}$.

Контурний заземлювач розміщується по периметру будинку підприємства зв'язки, довжина якого $L_r=70 \text{ м}$.

При відстані між заземлювачами $a=5 \text{ м}$ необхідна кількість вертикальних електродів складе:

$$n = L_r/a = 70/5 = 14 \text{ штук}$$

Необхідний опір штучного заземлюючого обладнання:

$$R_{u.mp} = R_e R_z / (R_e - R_z) = 25 \cdot 4 / (25 - 4) = 4,76 \text{ Ом}$$

Опір розтіканню вертикальних (R_v) і горизонтальних (R_r) електродів визначається за формулами:

$$\begin{aligned} R_v &= (\rho / 2nL) * (\ln(2L/d) + 1/2 \ln((4t+L)/(4t-l))) = \\ &= 120 / (2 * 2.5 / 3.1415) * (\ln(2 * 2.5 / 0,015) + 0.5 * \ln((4 * 1.75 + 2.5) / \\ &\quad / (4 * 1.75 - 2.5))) = 42 \text{ Ом}; \end{aligned}$$

$$R_r = \rho / (2nL_r) \ln 2L_r^2 / b t \rho = 120 / (2 * 3,1415 * 70) \ln 2 * 70 * 70 / (0,004 * 0,5) = 4.2 \text{ Ом}.$$

де ρ – розрахунковий питомий опір ґрунту, $\text{Ом} \cdot \text{м}$:

L_r – довжина горизонтального заземлювача;

b – ширина смуги, м;

t_0 – глибина закладення смуги горизонтального заземлювача, м;

t – глибина закладення вертикального заземлювача;

d – діаметр вертикального заземлювача, м.

Коефіцієнти використання електродів $\eta_z = 0.66$ і $\eta_c = 0.36$

Опір розтіканню групового штучного заземлювача визначається за формулою [1]:

$$R_u = R_c R_\phi / (R_c \eta_c + R_\phi \eta_z n) = 42 * 4.2 / (0.36 * 42 + 4.2 * 0.66 * 14) = 3.27 \text{ Ом.}$$

Цей опір менше заданого (4.76 Ом), що значно підвищує безпеку.

Загальний опір заземлюючого обладнання:

$$R_{z.d} = R_e R_u / (R_e + R_u) = 25 * 3.27 / (25 + 3.27) = 2.9 \text{ Ом,}$$

що менше необхідного за ДСТ 121.030-81.

4.4 Техногенна безпека

Приміщення, де проводиться травлення друкованих плат, ставиться до вибухонебезпечного, тому що виділюваний при травленні водень із атмосферним киснем утворює вибухонебезпечну суміш. Однак це може відбутися лише при відключенні вентиляції, тобто при аваріях. Отже, приміщення ставиться до класу В-Іа. По ступеню пожежної небезпеки дане виробництво згідно СНиП 2.01.02-85 може бути віднесене до категорії Д, тому що характеризується наявністю тільки неспалених речовин і матеріалів у холодному стані.

Причинами пожежі в цеху можуть стати коротке замикання в ланцюгах харчування електроустаткування; значні перевантаження проводки; погані контакти в місцях з'єднання провідників, що приводять до збільшення перехідного опору, на якому виділяється велика кількість тепла; недбале поводження з вогнем; удари блискавки й ін.

Тому що на виробничій ділянці є велика кількість електроустаткування, а також кислота, використання води для гасіння пожежі небезпечно. Тому передбачається використовувати установку газового об'ємного пожежогасіння, У якості вогнегасної речовини використовується комбінований вуглекислотно-хладоновий склад (85% двоокиси вуглецю, 15% хладону 111В2).

Розрахуємо необхідну масу вогнегасної речовини. Виробнича ділянка – приміщення розміром 5х10 метрів, висота стель – 3 м.

1. Необхідна маса комбінованого вуглекислотно-хладонового складу md , кг, для об'ємного пожежогасіння визначається за формулою [33]

$$md = k_6 qn V,$$

де k_6 – коефіцієнт компенсації невраховуваних втрат вуглекислотно-хладонового складу, ухвалюється рівним 1.2;

qn – нормативна масова, концентрація вуглекислотно-хладонового складу, ухвалюється 0.27 кг/м^3 при часі заповнення приміщення, рівним 30 сек;

V – обсяг приміщення, що захищається, м^3 .

$$md = 1.2 * 0.27 * 10 * 5 * 3 = 48.6 \text{ кг}$$

2. Кількість ξ_1 балонів визначається з розрахунку місткості в 40-літровий балон 25 кг вуглекислотно-хладонового складу

$$\xi_1 = md / 25 = 48.6 / 25 = 2 \text{ повних балону}$$

3. Внутрішній діаметр магістрального трубопроводу di , мм, визначається за формулою:

$$di = d_1 \sqrt{\xi_2}$$

де d_1 – діаметр сифонної трубки балона, мм (30 мм)

ξ_2 – число балонів, що одночасно розряджаються.

$$di = 30 * \sqrt{2} = 42.4 = 43 \text{ мм}$$

4. Еквівалентна довжина магістрального трубопроводу l_2 , м, визначається за формулою:

$$l_2 = k_7 l$$

де k_7 – коефіцієнт збільшення довжини трубопроводу для компенсації невраховуваних місцевих втрат (ухвалюється рівним 1.1):

l – довжина трубопроводу по проекту, м (ухвалюється рівною 30 м).

$$l_2 = 1.1 * 30 = 33 \text{ м}$$

5. Площа перетину вихідного отвору зрошувача A_3 , мм², визначається по формулі:

$$A_3 = S / \xi_1$$

де S – площа перетину магістрального трубопроводу, мм²;

ξ_1 – число зрошувачів (8).

$$A_3 = 3.1415 * 2 * 33 / 8 = 26 \text{ мм}^2$$

6. Витрата вуглекислотно-хладонового складу Q , кг/з, залежно від еквівалентної довжини й діаметра трубопроводу визначається по [15]:

$$Q = 5,6 \text{ кг/з}$$

7. Розрахунковий час подачі вуглекислотно-хладонового складу t , хв, визначається по формулі:

$$t = md / 60Q$$

де md – розрахункова маса вуглекислотно-хладонового складу, кг;

Q – витрата вуглекислотно-хладонового складу, кг/с.

$$t = 48,6 / 5,6 = 8,7 \text{ хв}$$

8. Маса основного запасу вуглекислотно-хладонового складу, m , кг, визначається по формулі:

$$m = 1,1md(1 + k_8/k_6)$$

де k_8 – коефіцієнт, що враховує залишок вуглекислотно-хладонового складу в балонах і трубопроводах, рівний 0.2;

$$m = 1,1 * 48,6 * (1 + 0.2 / 1.2) = 62,4 \text{ кг}$$

Насадки розташовані на стелі у два ряди по чотири штуки в ряді на відстані 1.5 м від стін і 2 м друг від друга. Вони з'єднані послідовно

магістральною трубою діаметром 33 мм, балони з газом розташовані в сусідньому приміщенні.[34]

Визначимо технічні й організаційні заходи на ділянці по травленню друкованих плат. До технічних заходів ставляться протипожежні заходи, застосовувані при будівництві цехи. Зокрема, при будівництві цеху необхідно дотримати наступного:

- територію цеху необхідно постійно містити в чистоті, горюче сміття повинен систематично віддалятися на спеціально відведені ділянки й у міру нагромадження вивозитися;
- усі струмоведучі частини, розподільні обладнання, рубильники й інші пускові апарати монтуються на негорючих підставах (мармур, текстоліт, гетинакс, азбест, і т.п.);
- вимір опору ізоляції електромережі проводиться не рідше двох раз у рік. Несправні ділянки знеструмлюються й замінюються новими;
- уся електрична апаратура, установлена в цеху, виконується вибухозахищеної;
- для освітлювальної проводки в цеху застосовуються тільки проведення в кислотноупорній оболонці;
- для усунення можливості проникнення пар і газів із цеху в сусідні приміщення висновки проводів крізь стіни робляться із застосуванням порцелянових трубок, отвору яких закриваються кислотноупорною замазкою;
- опалення акумуляторного приміщення робиться централізованим (водяним або паровим) у вигляді цілих зварених труб без фланців і вентилів;
- на дверях цеху виконується великий напис "Вогнебезпечно, з вогнем не входити!";
- паління в приміщенні строго забороняється;
- на випадок виникнення пожежі необхідно передбачити можливість евакуації людей. Евакуаційні шляхи повинні і забезпечувати евакуацію всіх людей, що перебувають у приміщенні цеху протягом необхідного часу. Число евакуаційних шляхів не менш двох;

- двері на шляхах евакуації навішуються так, щоб відкривалися по напрямкові виходу з будинку;
- обладнання розсувних і під'їзних дверей на шляхах евакуації не допускається;
- мінімальна ширина дверей на шляхах евакуації не менш 0,8м;
- висота переходу на шляхах евакуації не менш 2 м;
- обладнання кручених сходів і шаблів на шляхах евакуації не допускається;
- схема евакуації людей ретельно розробляється й вивіщується на видних місцях;
- увесь трудовий колектив проходить навчання заходам протипожежної безпеки.[34]

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проведено дослідження різних видів радіаційного випромінювання та приладів для вимірювання ефективної дози й потужності іонізуючого випромінювання. Встановлено, що найбільш небезпечним для організму людини є гамма випромінювання.

Дослідження впливу радіаційного випромінювання на організм людини показало, що радіація викликає в ньому як оборотні так і необоротні біологічні зміни. Найбільш чутливі до іонізуючого випромінювання полові залози й органи зору.

Розроблено схему електричну принципову приладу для контролю радіаційного фону на основі мікроконтролера ATmega8 від компанії AVR, який реагує на бета, гамма, а також рентгенівське випромінювання, для використання не потрібно спеціальних знань, має РК дисплей та акустичну систему оповіщення.

Розроблена топологія друкованої плати та 3D модель приладу. Габаритні розміри складають 85×75 мм.

Результати роботи були представлені на VIII Міжнародній науково-практичній конференції у м. Харків та XV університетській науково-практичній конференції студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «МОЛОДА НАУКА-2022».

Запропонований прилад може бути використаний в побуті та на виробництві для контролю рівня радіації а результати моделювання в навчальних курсах кафедри електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Константинов М.П., Журбенко О.А. Радіаційна безпека: Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2003. – 151 с.
2. Як радіація впливає на здоров'я [Електронний ресурс]: Центр екологічних ініціатив “Екодія”. Режим доступу: <https://ecoaction.org.ua/>- Дата доступу: вер. 2021. – Назва з екрана.
3. Радіація і її біологічна дія [Електронний ресурс]:Журнал «Охорона праці і пожежна безпека». Режим доступу: <https://oppb.com.ua/> - Дата доступу: вер. 2021. – Назва з екрана.
4. Radiation medicine: textbook for students of higher medical education establishments of the 3-4 levels of accreditation (MESYSU) / edited by M.I. Pylypenko. - K. : AUS Medicine Publishing, 2013. - 224 p.
5. Kovalsky, O. Radiology. Radiotherapy. Diagnostic imaging: textbook for stud. of higher med. educational establishments of IV th accred. level. / O. Kovalsky, D. Mechev, V. Danylevych ; пер.translated from Ukrainian. - Second Edition. - Vinnytsia : Nova Knyha, 2018. - 504 p.
6. Hygiene and ecology: Підручник для студ. вищ. мед. навч. закладів України III-IVр. акред. / the general editorship V.G. Bardov. - 2 - edition. - Vinnytsya : Nova Knyha, 2018. - 688 p.
7. Zhukova, T. O. Means of Protecting the Body from the Effects of Ionising Radiation : study guide / T. O. Zhukova, V. F. Pocherniayeva, V. P. Bashtan. - K. : Medicine Publishing, 2019. - 112 p.
8. Волошинський, О. В. Радіологія надзвичайних ситуацій: Навч. посібник для радіологів, рентгенологів, терапевтів, лікарів станцій та відд. шв. доп., військ. медиків, спец. мед. катастроф і студентів мед. навч. закладів / О. В. Волошинський, Л. Д. Паращук, І. Ю. Худецький; Під ред. Є.М. Нейка. - Івано-Франківськ, 2000. - 226 с.
9. Овчаренко, О. П. Основи радіаційної медицини: Навч. посібник для студ. вищ. мед. закл. освіти III-IV р. акред. / О. П. Овчаренко, А. П. Лазар, Р. П. Матюшко. Одеса: ОДМУ, 2003. - 208 с.

10. Вибрані лекції з радіонуклідної діагностики та променевої терапії: Навчальний посіб. для студ. вищ. мед. закл. освіти III-IV р. акред. / за ред. А.П. Лазаря. - Ювілейне вид. до 165-річчя НМУ ім. О.О. Богомольця. - Вінниця: Нова книга, 2006. - 200 с.
11. Гігієна та екологія: Підруч. для студ. вищ. мед. навч. закл. IV р. акр. (протокол МОЗУ № 3 від 15.06.2006 р.) / за ред. В.Г. Бардова. - Ювілейне вид. до 165-річчя НМУ ім. О.О. Богомольця. - Вінниця: Нова книга, 2006. - 720 с.
12. Кравчук, С. Ю. Медична радіологія: Підруч. для студ. вищ. мед. закл. IV р. акр. (ЦМК МОЗУ) / С. Ю. Кравчук, А. П. Лазар. - Чернівці: Місто, 2011. - 336 с.
13. Радіологія: Підручн. для студ. вищ. мед. навч. закл. IV р. акред. Т.2: Основи променевої терапії / М. С. Каменецький, М. Б. Первак, Д. С. Мечев, В. Є. Медведєв; за ред. М.С. Каменецького. - Донецьк: "Ноулідж", 2013. - 104 с.
14. Бази́ка, Д. А. Радіаційна медицина: Підруч. для студ. вищ. мед. навч. закл. III-IV р. акр. (МОНУ) / Д. А. Бази́ка, Г. В. Кулініч, М. І. Пилипенко; за ред. М.І. Пилипенка. - К.: Медицина, 2013. - 232 с.
15. Ковальський, О. В. Радіологія. Променева терапія. Променева діагностика: Підручник для студ. вищ. мед. навч. заклад. IV р. акред. / О. В. Ковальський, Д. С. Мечев, В. П. Данилевич. - 2 - ге вид. - Вінниця: Нова Книга, 2017.
16. Халмурадов, Б. Д. Медицина надзвичайних ситуацій: Підручник / Б. Д. Халмурадов, П. Б. Волянський. - К.: Центр учбової літератури, 2018.
17. Васько, Л. М. Засоби захисту організму від дії іонізуючого випромінювання: Навч. посібн. для студ. вищ. навч. закладів МОЗ України / Л. М. Васько, В. Ф. Почерняєва, В. П. Баштан. - К.: ВСВ "Медицина", 2019. - 112 с.
18. Гуров С.М. Медико-біологічні аспекти впливу іонізуючого випромінювання на людину/ С.М.Гуров, Герасімов М.П. Сучасна медицина: Теорія та практ., 2010, №2, с. 22-27 .

19. Беляєв Є.М., Чибураєв В.І., Фокін М.В. Соціально-гігієнічний моніторинг у вирішенні стратегічних завдань довкілля та здоров'я населення / Гігієна та санітарія, № 3, 2012, с. 9-11.
20. Електроніка і мікросхемотехніка: Навчальний посібник для студентів вищ. закл. освіти, що навчаються за напрямками "Електромеханіка", "Електронні пристрої та системи", "Електротехніка та електротехнології": У 4-х т. / Сенько В.І., Панасенко М.В., Сенько Є.В., Юрченко М.М., Сенько Л.І., Ясінський В.В. -К.: Каравела, 2013. Т.4. Кн.1. Силова електроніка.– 640 с.
21. Електроніка та мікросхемотехніка [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» / А. А. Щерба, К. К. Побєдаш, В. А. Святненко: – Київ: НТУУ «КПІ», 2013. – 360 с. Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/3569>
22. Вплив радіації на нервову систему[Електронний ресурс]: MSD довідник. Режим доступу: <https://www.msmanuals.com/uk-ua-> Дата доступу: вер. 2022. – Назва з екрана.
23. Чорнобиль і рак: українсько-американське дослідження, 26 квітня 2019 р.
24. Рибка К. С.Небеснюк О. Ю. Розробка приладу для контролю радіаційного фону.тези доповіді VIII Міжнародної науково-практичної конференції «TOPICAL ISSUES OF MODERN SCIENCE, SOCIETY AND EDUCATION», 26-28 лютого, 2022 року, Харків, Україна, с. 296-300
25. Головка О.П. Техніко-економічне обґрунтування проектно-конструкторських робіт. Методичні вказівки до самостійної роботи та виконання дипломних і контрольних робіт для студентів спеціальності 7.0908.04 «Фізична і біомедична електроніка»/ Швець Є.Я., Головка О.П. - Запоріжжя: ЗДІА, - 2010. – 17с.
26. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник/ Жидецький В.Ц., Джигерей В.С., Мельников А.В. – Львів: Афіша. - 2001. – 352с.
27. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація: ДОСТ 12.0.003-74. – [Чинний від 1976-10-01]. – (ДОСТ (Міждержавний стандарт)).

28. Івах Р.М. Основи охорони праці [Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів] / Р.М.Івах, Я.І. Бедрій, Б.О. Білінський, М.М. Козяр. – К.: Кодар, 2010. – 462 с.
29. Практикум. Охорона праці / Ю.Ф. Булгаков, В.Л. Овчаренко; під заг. ред. Ю. Ф. Булгакова. – Донецьк: ВОО «Цифрова типографія», 2017.– 180 с.
30. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: ДСН 3.3.6.042-99. — [Чинний від 1999-12-01]. – (ДСН (Державні санітарні норми)).
31. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів: НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98). — [Чинний від 1998-02-20]. – (НПАОП, ДНАОП (Державні Нормативні Акти з Охорони Праці)).
32. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. – [Чинний від 2017-01-01]. – (ДСТУ (Державний Стандарт України)).
33. Законодавство України [Електронний ресурс]: Про затвердження Правил пожежної безпеки... | від 30.12.2014 № 1417 (Сторінка 1 з 6) – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15>. - Дата доступу: жовт. 2022. – Назва з екрана.
34. Ligazakon.ua [Електронний ресурс]: Постанова №42 от 01.12.1999, Категорія робіт - Режимдоступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/TM009433.html. - Дата доступу: листопад 2022
35. Studfiles.net [Електронний ресурс]: Категорії робіт - Режим доступу: <https://studfiles.net/preview/5013259/page:24/>. - Дата доступу: листопад 2022

