**МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЗАХИСТУ ВІД ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ**

**5.1 Захист відстанню і часом**

Включають      організаційні, гігієнічні, технічні  і  лікувально-профілактичні   заходи,  а саме:

* збільшення  відстані  між  оператором  і  джерелом;
* скорочення  тривалості  роботи  в  полі  випромінювання;
* екранування джерела  випромінювання;
* дистанційне  керування;
* використання  маніпуляторів  і  роботів;
* повна  автоматизація  технологічного  процесу;
* використання  засобів  індивідуального  захисту  і  попередження  знаком  радіаційної  небезпеки;
* постійний  контроль  за  рівнем  випромінювання  і  за  дозами  опромінення  персоналу.

 Захист  від  внутрішнього  опромінення  полягає  в  усуненні  безпосереднього  контакту  працюючих  з  радіоактивними речовинами і  запобіганні  попаданню  їх  в  повітря  робочої  зони.

 *Захист часом* досягається в результаті відповідної підготовки і організації робіт, складанням і дотриманням графіків, при яких час контакту з джерелами випромінювання мінімальний.

 *Захист відстанню* при роботі з радіоактивними речовинами незначної активності передбачає використання ручних захватів і дистанційних універсальних маніпуляторів. Ручні маніпуляційні захвати передають рух і зусилля рук оператора на деяку відстань з відповідним збільшенням цих зусиль. Видалені універсальні маніпулятори дозволяють виконувати різні операції по захвату і переміщенню предметів, орієнтації їх під будь-яким кутом і т. ін. Вони мають декілька мір свободи, ними можна управляти з великої відстані. Спостереження за роботою маніпуляторів здійснюють за допомогою телевізійних систем, систем дзеркал і перископів.

Для роботи з радіоактивними речовинами великої активності застосовують автоматизоване обладнання і системи дистанційного керування. Ефективним способом захисту є екранування, яке дозволяє знижувати дозу опромінення на робочому місці до гранично допустимого рівня.

**5.2 Екранування**

 Захисні екрани від альфа-випромінювання, як правило, не застосовують, оскільки воно має малу проникність. Шар повітря в декілька сантиметрів або матеріалу в декілька міліметрів (скло, картон, фольга, одяг, гумові рукавички і та ін.) забезпечують досить повне поглинання випромінювання.

 Для захисту від рентгенівського та гамма-випромінювання використовують матеріали з великою густиною: свинець, вольфрам, сталь. Чим більше густина, тим більш ефективність екрану. Закон поглинання рентгенівського або гамма-випромінювання речовиною має вид:

 І = І0 ехр (-μd), (8.1)

 де μ – лінійний коефіцієнт ослаблення випромінювння, м-1 (додаток 4); d – товщина поглинаючого шару, м.

Якщо заміст інтенсивності у наведену формулу підставити потужність поглиненої або експозиційної дози, втд залежності не зміниться.

Товщину екрану d (м) у випадку вузького монохромного (що має одну довжину хвилі) пучка променів розраховують за формулою:

 d = ln N/μ, (8.2)

 де N – коефіцієнт, що показує, у скільки разів треба зменшити потужність випромінювання. Захисні властивості різних матеріалів для квантів енергією 1 МеВ надані у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Захисні властивості різних матеріалів від фотонів 1 Мев

| **Матеріал**  | **Густина,кг/м³** | **Шар напівослаблення, см** |
| --- | --- | --- |
| [Алюминій](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D1%8E%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D0%B9) | 2820  | 4,3 |
| [Бетон](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD) | 1,5-3,5 | 3,8-6,9 |
| [Вода](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%B0) | 1000 | ~10 |
| [Повітря](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%85) | 1,29 | ~8500 |
| [Вольфрам](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%84%D1%80%D0%B0%D0%BC) | 19300 | 0,33 |
| [Збіднений уран](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D0%B5%D0%B4%D0%BD%D1%91%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%83%D1%80%D0%B0%D0%BD) | 19500 | 0,28 |
| [Свинец](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%86)ь | 11350 | 0,8 |
| [Сталь](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C) | 7,5-8,05 | 1,27 |

 У разі широкого пучка випромінювння, або якщо має місце діапазон довжин хвиль, застосовують номограми або таблиці. Наприклад, товщину екрану з свинця або сталі для захисту від прямого гамма-випромінювання можна визначити за рис. (Додаток 6).

 Пряме і розсіяне рентгенівське випромінювання. При напрузі на аноді рентгенівської трубки 75 ...300 кВ товщина захисного екрану зі свинцю, бетону визначається за даними додатку 6 залежно від коефіцієнта k2 = 2 I / R2 (категорія А) і k2 = I / 10 R2 (категорія Б), де I - сила струму в трубці, мA; R - відстань між трубкою і робітником.

 Для захисних екранів від бета-часток малих енергій застосовують алюміній, скло, плексиглас, інший облицювальний матеріал з малою атомною масою. У випадку екранування бета-часток високих енергій в матеріалі екрану виникає гальмівне рентгенівське або гамма-випромінювання, яке враховують при виготовленні екранів. При цьому застосовуються подвійні екрани. Другий шар виготовляють з матеріалів з великою атомною масою і великою щільністю (свинець, вольфрам). Для стаціонарних споруд застосовують бетон, баритобетон, чавун, сталь, які одночасно є елементами будівельних конструкцій.

Захист від нейтронного випромінювання. Шар половинного ослаблення легких матеріалів для нейтронного випромінювання в кілька разів менше, ніж для важких. І навпаки, важкі матеріали, наприклад метали, гірше послаблюють нейтронне випромінювання, ніж гамма-випромінювання.

Кращими для захисту від нейтронного випромінювання є графіт і матеріали, що мають у своїй будові атоми водню. Зазвичай застосовують воду, парафін, поліетилен. Крім того, теплове нейтронне випромінювання добре поглинається бором, берилієм, кадмієм. Оскільки нейтронні випромінювання супроводжуються гамма-випромінюваннями, необхідно застосовувати багатошарові екрани з різних матеріалів: свинець-поліетилен, сталь - вода тощо. У ряді випадків для одночасного поглинання нейтронного і гамма-випромінювань застосовують водні розчини гідроксидів важких металів, наприклад, гідроксид заліза Fe (OH)3.

 Застосовують захисні екрани різних конструкцій: стаціонарні, пересувні, розбірні, настільні.

 Всякі роботи з радіоактивними ізотопами, а також технічне обслуговування приладів і установок, в яких використовуються ізотопи, необхідно виконувати в спеціально обладнаних окремих приміщеннях з санітарно-технічним устаткуванням і системою вентиляції. Роботу на установках з радіоактивними ізотопами слід виконувати особам не молодше 18 років, що пройшли спеціальне навчання, у тому числі і безпечним методам роботи на установці Всім працівникам необхідно знаходитися під постійним медичним спостереженням, їм регламентується тривалість робочого дня, видають спецодяг, прилади індивідуального дозиметричного контролю.

 Безпека при роботі з радіоактивними речовинами залежить багато в чому від своєчасного виявлення і виміру рівня випромінювання, яке виконують спеціальними приладами, що використовують різні методи: іонізаційний, сцинтиляційний, фотографічний, хімічний і люмінесцентний. Для виміру альфа-, бета-, гамма-випромінювання і рентгенівського, а також теплових нейтронів застосовують універсальні радіометри. При роботі з радіоактивними речовинами велике значення має також застосування засобів індивідуального захисту. Вони призначені для оберігання шкіри від забруднень радіоактивними речовинами і запобіганню попадання їх всередину організму. Одночасно вони забезпечують захист від альфа-випромінювання і частково від бета-випромінювання. Засобами індивідуального захисту є: спецодяг, рукавички, респіратори, що ізолюють пневмокостюми, чоботи .

**Прилади для вимірювання параметрів ІВ**

Потужності дози фотонного випромінювання в робочих приміщеннях вимірюється різними дозиметрическими приладами стаціонарного і переносного типу. Всі вживані для цих цілей дозиметричні прилади принципово мало відрізняються один від одного. Вони складаються з наступних складових частин: датчика з першим каскадом посилення і вимірювального блоку, що складається з підсилювача постійного струму, блоку живлення і вимірювального приладу. Наявність кабелів дозволяє виносити вимірювальний блок від місця розташування датчика на деяку відстань, що забезпечує безпеку персоналу при проведенні вимірювань.

Дозиметр КДГ-1 (див. Рис. ) призначений для вимірювання потужності експозиційної дози гамма-випромінювання і індикації наявності бета-випромінювання при проведенні дозиметричного контролю.

Дозиметр забезпечує вимірювання потужності експозиційної дози гамма-випромінювання в діапазоні від 0,1 мР / год. до 1000 Р / год. (7,17 пА/кг … 71,7 мкА/кг). Діапазон вимірювання розбитий на 7 піддіапазонів. Дозиметр забезпечує індикацію наявності жорсткого (більше 0,4 МеВ) β-випромінювання, починаючи від щільності потоку частинок 600 част. / хв.см2 (105 с-1м-2) при вимірюванні на чутливому піддіапазоні - 1 мР / год.

Принцип дії дозиметра заснований на вимірюванні середньої частоти проходження електричних імпульсів, які виникають в блоці детектування в результаті впливу гамма-квантів на лічильники Гейгера-Мюллера, використовувані в приладі в якості детекторів випромінювання.



Рисунок .. – Дозиметр КДГ-1

Електричні імпульси від блоку детектування, швидкість проходження яких пропорційна величині зовнішнього випромінювання, надходять по кабелю на вимірювальний пульт, де вони нормалізуються по амплітуді і реєструються вимірювачем швидкості рахунку.

Напруга на інтегруючому конденсаторі, пропорційна середній частоті надходження вхідних імпульсів, вимірюється вольтметром з великим вхідним опором. Відлік проводиться по стрілочному приладу, шкала якого відградуйована у відповідних одиницях виміру.

Дозиметр ДРГ-01-Т призначений для вимірювання потужності експозиційної дози на робочих місцях, на території підприємств, що використовують радіоактивні речовини та інші джерела іонізуючих випромінювань, в санітарно-захисній зоні та зоні спостереження. Крім того, дозиметр може бути використаний для контролю ефективності біологічного захисту, радіаційних упаковок і радіоактивних відходів, а також виміру потужності експозиційної дози в період виникнення, протікання і ліквідації наслідків аварійних ситуацій.

Вимірювання потужності експозиційної дози здійснюється в двох режимах роботи:

* в режимі "ПОШУК"; забезпечує вимірювання потужності експозиційної дози в діапазоні від 0,10 мР / год. до 99,99 Р / год.
* в режимі "ВИМІР" забезпечує вимірювання потужності експозиційної дози в діапазоні від 0,010 мР / год. до 9,999 Р / год.

Як детектори випромінювання використані чотири газорозрядних лічильника СБМ-20 і два лічильника СІ34Г (СІ40Г) з коригуючими свинцевими фільтрами для вирівнювання енергетичної залежності чутливості.

Для вимірювання потужності дози або щільності потоку бета-випромінювання зазвичай використовують ті ж прилади, що і для вимірювання фотонного випромінювання, але відградуйовані відповідними бета-випромінювачами. Найбільш широко для цих цілей застосовують прилади з газорозрядними лічильниками. У змішаних полях випромінювання внесок бета-випромінювання визначається різницею між показаннями приладу при впливі на датчик всіх видів випромінювання і його показанням при повному екранування датчика від бета-випромінювання.

Для вимірювання потужності еквівалентної дози нейтронів використовують як стаціонарні, так і переносні радіометри зі спеціальними датчиками. Як правило, при нормальному режимі роботи реакторної установки в ряді випадків досить встановити співвідношення між дозою нейтронів і дозою, створюваної гамма-випромінюванням в різних приміщеннях, а потім обмежитися тільки контролем рівнів гамма-випромінювання.

Вимірювач потужності еквівалентної дози нейтронів КДН-2 призначений для вимірювання потужності еквівалентної дози нейтронів при проведенні дозиметричного контролю До складу приладу входять - пульт вимірювальний, блок детектування БДМН-01, кабель довжиною 1,5 метри. Діапазон вимірювання - від 0,05 до 5000 мкбер / с (0,5 нЗв … 50 мкЗв).

Принцип дії вимірювача заснований на вимірюванні середньої швидкості підрахунку імпульсів, що надходять з блоку детектування при опроміненні детектора нейтронами. Електричні імпульси від блоку детектування, швидкість проходження яких пропорційна величині зовнішнього випромінювання, надходять по кабелю на вимірювальний пульт, де вони нормуються по амплітуді і реєструються вимірювачем швидкості рахунку. Відлік проводиться по стрілочному приладу, шкала якого відградуйована у відповідних одиницях вимірювання.

Конструктивно вимірник виконаний у вигляді вимірювального пульта і виносних блоків детектування. В якості детектора в блоці детектування використовується детектор теплових нейтронів БДМН-01, оточений сповільнювачем з поліетилену

Реєстрація сцинтиляцій, що відбуваються в детекторі, при опроміненні його нейтронами, здійснюється фотопомножувачем.

Поверхні при забрудненні їх радіоактивними речовинами стають джерелами зовнішнього іонізуючого випромінювання, а контакт з ними призводить до забруднення працюючих. У зв'язку з цим повинен проводитися систематичний контроль за рівнем забруднення поверхонь.

При проведенні контролю зручно розглядати два види забруднення поверхонь: нефіксоване (знімається) і фіксоване (не знімається).

Нефіксована забрудненість є джерелом забруднення повітря, води та інших предметів; поверхні з фіксованим забрудненням є джерелом тільки зовнішнього випромінювання.

З метою контролю радіоактивного забруднення робочих поверхонь плани всіх таких поверхонь наносять на спеціальні картограми. На картограмах вказуються контрольні точки. Кожна точка періодично за графіком перевіряється на забруднення.

Вимірювання поверхонь слід починати з вимірювання гамма-фону. При наявності останнього слід переконатися, що він створюється саме досліджуваною поверхнею, а не відбитим або розсіяним випромінюванням. Для цього користуються щілинним детектором. Потім визначається нефіксоване забруднення поверхні методом мазків. Метод дозволяє визначити лише порядок величини забруднення, а не його точне значення.

Радіаційний контроль за нерозповсюдженням радіоактивних забруднень включає в себе контроль стаціонарними і переносними приладами, а також контроль забрудненості поверхонь методом мазків.

Наведемо приклад стаціонарного приладу.

Багатоканальна установка для контролю і сигналізації про забруднення одягу і ділянок тіла людини бета-активними речовинами РЗБ-04-04 (рис. …) призначена для сигналізації перевищення порогового рівня забрудненості бета-активними радіонуклідами основного спецодягу (на виході з гермооб'єму, на входах в гардероби спецодягу) або шкірних покривів персоналу (на виході з душових в зону вільного режиму і в машзалі).

Установка оснащена 12-16 блоками детектування бета-частинок.

Компенсація фону до 0,4 мкР / с здійснюється автоматично. Час вимірювання фіксований і не перевищує 4 с. Є плавне регулювання порога спрацьовування сигналізації, який встановлюється по зразковим джерелам бета-випромінювання (90Sr + 90Y) з площею активної поверхні до 160 см2.

Установка виконана у вигляді двох стійок і підстави з блоками детектування і блоку обробки інформації, змонтованого в типовому кожусі.

Установка забезпечує примусовий контроль забрудненості, а також світлову і звукову сигналізацію про перевищення заданого порогу.



Рисунок .. - Багатоканальна установка РЗБ-04-04