

## ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОТИРАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ ПРОМИСЛОВИХ РАДІАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ УСТАНОВОК

*В.І. Сахно*

*Інститут ядерних досліджень НАН, м. Київ, Україна*

Радіаційні технології є вагомим фактором підвищення рівня сучасного виробництва. В світі налічуються сотні промислових радіаційних установок, деякі з них ефективно експлуатуються вже більше тридцяти років. Сучасний стан радіаційної техніки характеризується зростанням досконалості цих технічних засобів, а їх впровадження фактично перейшло в клас економічних проблем, які потребують відповідного дослідження і вирішення. В даній доповіді обговорюється проблема можливості зниження капітальних витрат при створенні промислових радіаційних технологічних установок.

Значну частку вартості радіаційної техніки складають витрати на спорудження приміщень з біологічним протирадіаційним захистом. На даний час в промисловості використовуються переважно радіаційні технології з низькоенергетичними (до 0,5...1,5 МеВ) прискорювачами електронів. Для таких установок проблема безпеки обслуговуючого персоналу і довкілля вирішується шляхом облаштування місцевого (локального) протирадіаційного захисту [1].

Більш досконалі технологічні процеси, де необхідні високі енергії випромінювання, реалізують шляхом використання прискорювачів, що встановлено на територіях спеціалізованих науково-дослідних установ, або спеціальних виробництв [2], для яких протирадіаційний захист проектується у відповідності з [3]. Спорудження таких технічних засобів безпосередньо на виробничих майданчиках обмежується великими витратами на біологічний захист.

З метою знайти методи зниження витрат на спорудження протирадіаційного захисту для промислових установок в ІЯД було проведено теоретичні і експериментальні дослідження особливостей біологічних і фізичних процесів, які визначають виникнення небажаних факторів. Виявилось, що неоднозначністю визначення повного переліку шкідливих факторів призводить до того, що при розрахунках радіаційного захисту закладені норми проектування мають запас в конструкції капітальних споруджень установок [3]. Відповідно зростає вартість установок і витрати на її експлуатацію.

Дослідження показали, що при проектуванні недостатньо використані дані, які дозволяють більш точно визначати очікувані рівні радіації всередині приміщення установки та поза її межами за законами формування полів розсіяного гама-випромінювання. Відомо, що розсіяне зворотне випромінювання є основним чинником долаття радіацією складних перешкод, наприклад техно-логічних лабіринтів в радіаційному захисті радіаційної установок. Використання їх дозволяє не тільки враховувати фактори радіаційної безпеки, але також цілеспрямовано змінювати параметри полів в реакційній камері. Одночасно це дає можливість

підвищення економічної ефективності використання енергії випромінювання в техно-логічних процесах. Проведені теоретичні і експериментальні дослідження [4] показують, що потужності доз гальмівного випромінювання в зворотньому напрямку по ходу первинного пучка випромінювання відрізняється за величиною від з розрахованих у відповідності з рекомендаціями [3]. Для радіаційної установки ІЯД з потужністю в пучку більше 5 кВт потужність зворотнього випромінювання може бути еквівалентна пучку електронів в 100...200 Вт. Цей параметр покладено в основу розрахунку біологічного захисту установки.

Біологічний захист експериментальної радіаційної установки ІЯД [5] було спроектовано з урахуванням процесів каскадних перетворень фотонів гальмівного випромінювання за рахунок їх зворотнього розсіяння.

Розрахунки захисту по ходу пучка були проведені згідно [3] для енергії електронів 5 МеВ в тілесному куті 90°. Попередні експериментальні дослідження на аналогічній установці показали, що для цієї частини приміщення установки – радіаційної камери – розподіл радіаційних полів повністю співпадає з положеннями [3].

Розрахунки конструкції захисту в зворотньому напрямку від ходу пучка проводились більш точно. При цьому враховувалось ще два вагомих фактори:

- захисна дія обладнання установки, яке спеціально розташовувалось так, щоб забезпечити найбільший ефект поглинання побічного випромінювання;
- вклад в формування радіаційного поля ефектів зворотнього розсіянного випромінювання від стін і від конструктивів устаткування.

На мал. 1 показано розташування обладнання установки і засобів протирадіаційного захисту, на які накладено розрахункові шляхи формування радіаційного поля в задній сфері за рахунок зворотнього розсіяння. Пряме випромінювання при попаданні на перешкоду формують потоки розсіяних фотонів, що випромінюються під різними кутами (переважно 140...180°) від поверхні стін [4]. Згідно цьому в реакційній камері формуються одно-




двократнорозсіяні фотони з енергією, що визна-чається анігалаційними та комптонівськими процесами. Розсіяне випромінювання, просумоване з прямим гальмівним випромінюванням від матеріалу мішені, формує спектр з максимумом в області нижче 0,5 МеВ. Це дозволило вибрати оптимальну кон-струкцію протирадіаційного біологічного захисту з меншою товщиною задніх стін.

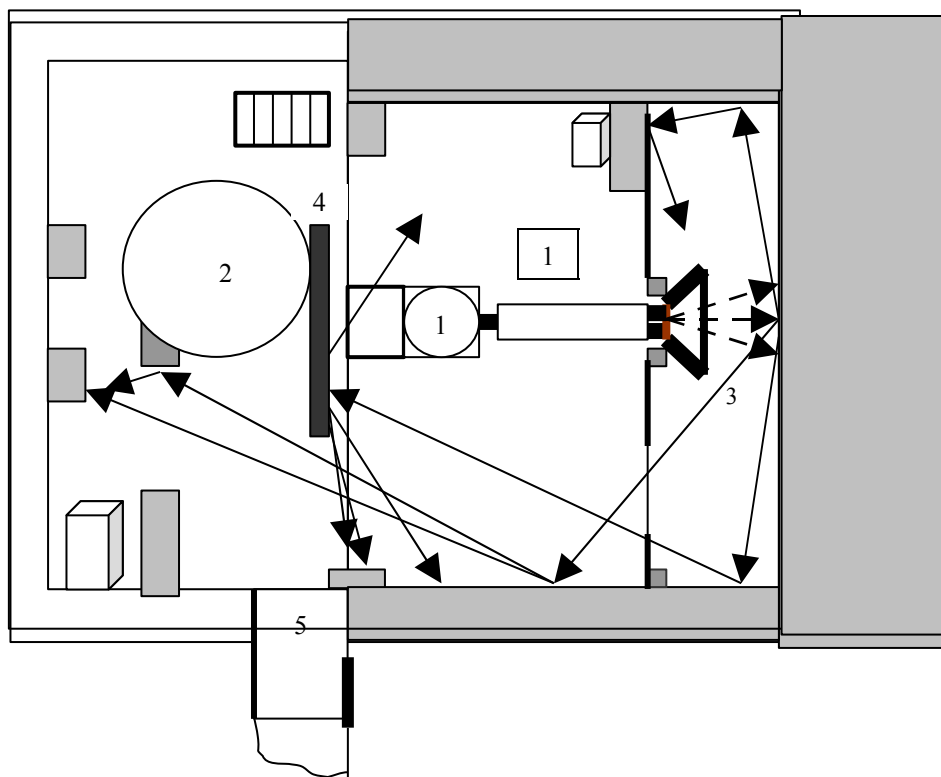
Найбільше відповідальний вузол протирадіаційного захисту установки є технологічний транс-портний лабіринт. Тут є проблемою проникання випромінювання через повороти. Для зниження цього ефекту в конструкції лабіринту радіаційної установки ІЯД передбачено конструктивний засіб виключення ефекту „першого повороту”, тоб то облаштування загінюючого виступу на початок лабіринту. Завдяки цьому первинне гальмівне та розсіяне випромінювання практично не дає вкладу у формування потоку радіації вздовж стінок лабіринту, що еквівалентно установці перед лабіринтом поглинаючої перешкоди (стіни). Коефіцієнт послаблення при цьому складає приблизно 100.

При такій конструкції в лабіринт проникає тільки розсіяне вторинне випромінювання від проти-лежних стін та металевих конструкцій установки. При максимальному струмові пучка електронів, з урахуванням діаграми направленості гальмівного випромінювання, забезпечується потужність дози на вході в лабіринт менше 2 Р/хв. Спектр випромінюван-ня на вході в лабіринт формується в діапазоні від

100 до 300 кеВ. Для послаблення цього потоку радіації до допустимого рівня прямий отвір та-нспортера перекрито захисною стінкою.

Також в конструкції захисту передбачено додаткове послаблення випромінювання на вході в лабіринт шляхом встановлення розсіюючого екрану перед металевою конструкцією системи водяного охолодження. Товщина та розташування екрану ви-бране таким, що розсіяне від нього випромінювання не попадає в отвір лабіринту. Такі ж невеликі екрани передбачено встановлювати і в інших місцях боксу, де можливе формування небажаного випромінюван-ня.

При випробуваннях установки було виміряно фактичний розподіл радіаційних полів всередині приміщень та зовні. Для цього використано більше 60 різноманітних дозиметрів, які розташовані без-посередньо перед пучком електронів та в інших точ-ках радіаційного приміщення. На мал. 2 показані стаціонарні плівкові дозиметри розсіянного ви-промінювання  дозиметри великих поглинутих доз в прямому пучку  а також датчики потужності дози  (іонізаційні камери), які розташовувались на рухомому пристрої і переміщувались по траєкторіях, вказаних стрілками. Отримані дані оброблялись на ЕОМ і відображались у графічному вигляді. Це необхідно для полегшення прийняття рі-шень на дооблаштування радіаційного захисту.

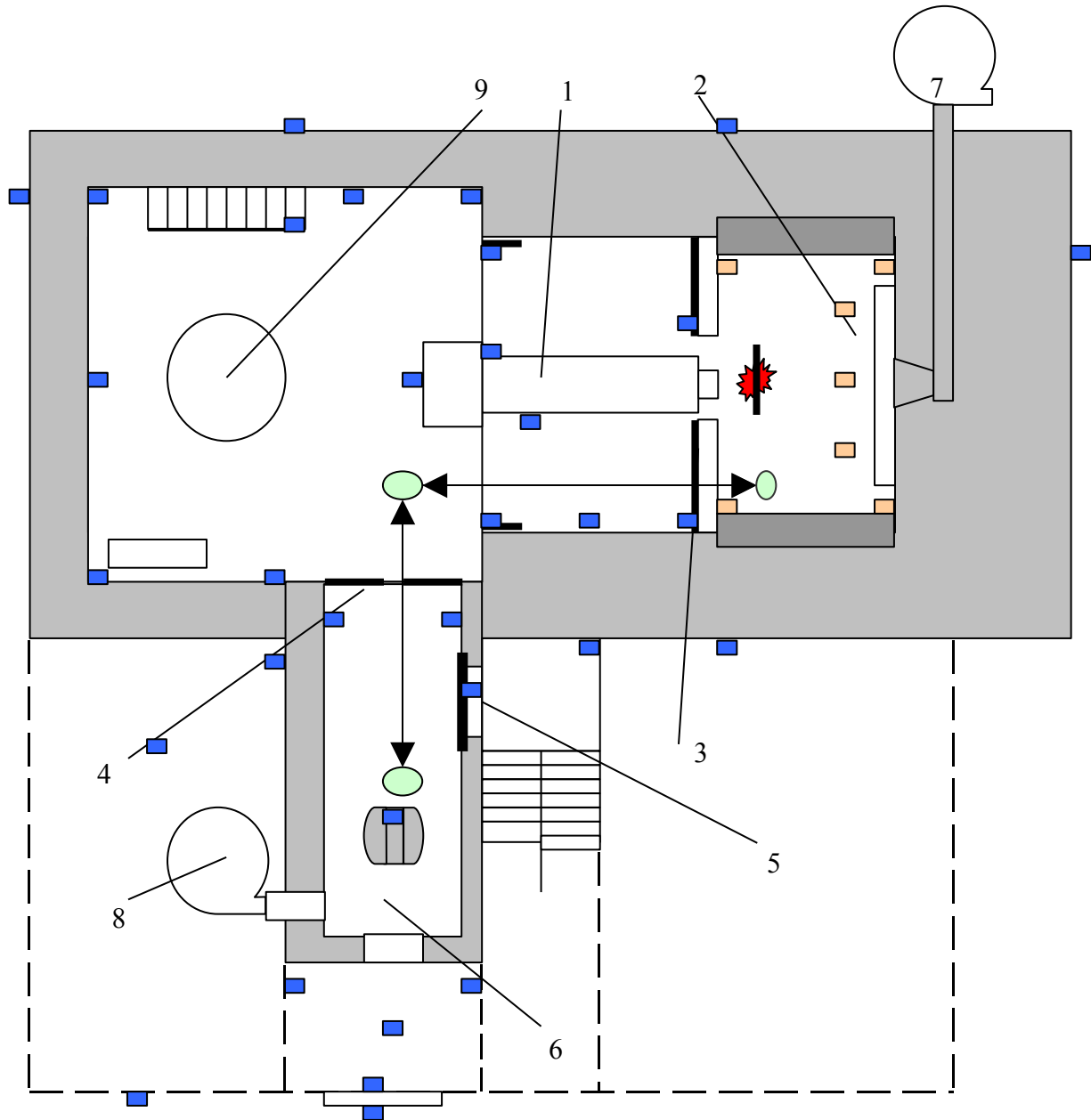


Мал. 1. Схема побудови протирадіаційного захисту установи ІЯД:

1 – обладнання прискорювача; 2 – бак водоохолодження; 3 – відбиваючий екран реакційної камери (свинець 5 см); 4 – екран бака охолодження (сталь 6 см); 5 – вхід технологічного лабіринту.

---> – стрілками вказані напрямки первинного випромінювання;

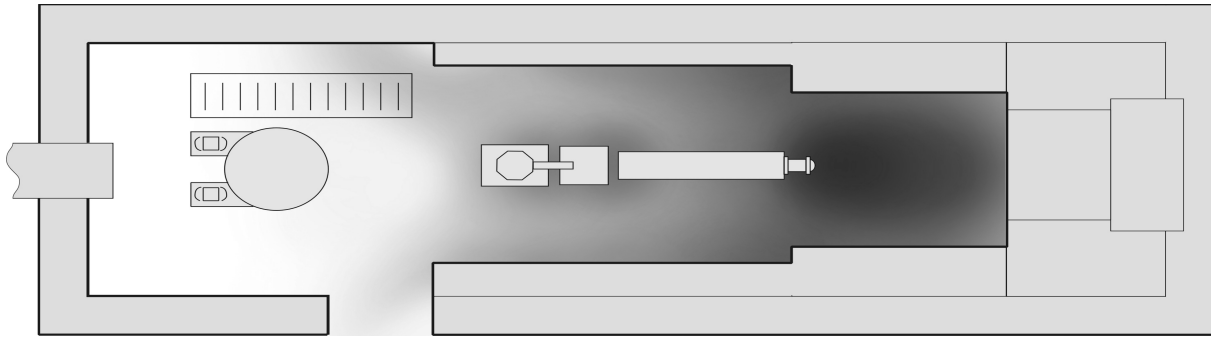
—> – стрілками вказані напрямки вторинного зворотно розсіянного випромінювання



Мал. 2. Схема дослідження радіаційного захисту установки:  
 1 – прискорювач; 2 – робоча камера установки; 3 – внутрішні двері камери;  
 4 – дисциплінуючий бар'єр; 5 – вхідні двері в бокс; 6 – лабіринт транспортної лінії;  
 7 – витяжна вентиляція; 8 – приточна вентиляція; 9 – резервуар системи водяного охолодження

На мал. 3 показано фактичний розподіл радіаційного поля всередині приміщення установки. Доведено, що прийняті заходи знімають проблему

захисту персоналу, який буде працювати на площадці завантаження транспортеру.



Мал. 3. Розподіл радіаційного поля всередині приміщення прискорювача

Проведені дослідження радіаційних полів поза межами радіаційного боксу показали, що потужність дози випромінювання на зовнішніх стінах установки співпадає з розрахунками і повністю відповідає вимогам [6].

### ВИСНОВКИ

Теоретично досліджено шляхи оптимізації конструкції протирадіаційного захисту промислових установок. Показано, що з урахуванням тонких механізмів формування зворотньо-розсіяних полів випромінювання можна отримати більш точні дані для конструювання засобів протирадіаційного захисту. На основі таких розрахунків створено конструкцію радіаційного захисту для експериментальної науково-технологічної установки ІЯД НАНУ.

Експериментально досліджено реальний розподіл радіаційних полів всередині приміщення і зовні установки. Отримано хороше узгодження фактичних даних з розрахунками. Доведена можливість оптимізації конструкції біологічного захисту з метою зниження капітальних витрат на створення промислової радіаційної техніки.

### ЛІТЕРАТУРА

1. М.П. Свиныин. *Расчет и проектирование высоковольтных ускорителей электронов для радиационной технологии*. М.: «Энергоатомиздат», 1989, 144 с.
2. В.В. Шлапацкая, В.И. Сахно. Радиационно-технологический комплекс ускорителей МКП «РАДМА» ИФХ НАН Украины // *Тез. докл. на XV Международном семинаре по линейным ускорителям заряженных частиц*. Харьков, 1997, с. 18.
3. *Санитарные правила размещения и эксплуатации ускорителей электронов с энергией до 100 МэВ*. М.; № 1858-78, МЗО СССР, 1981.
4. Б.П. Булатов, Н.Ф. Андрушин. *Обратно рассеянное гамма-излучение в радиационной технике*. М.: «Атомиздат», 1971, с. 239.
5. И.Н. Вишневецкий, В.И. Сахно, А.Г. Зелинский, А.В. Сахно, С.П. Томчай. Радиационная установка с ускорителем электронов ИЯИ НАН Украины // *Атомная энергия*. 2003, т. 94, в. 2, с. 163–166.
6. *Нормы радиационной безопасности Украины (НРБУ-97)*. Киев, 1988, 135 с.

## ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОТИВОРАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

*В.И. Сахно*

Радиационные технологии являются важным фактором повышения уровня современного производства. В мире насчитывается сотни промышленных радиационных установок, некоторые из которых эффективно эксплуатируются уже более тридцати лет. Современное состояние радиационной техники характеризуется повышением совершенства этих технических средств, а их внедрение перешло фактически в класс экономических проблем, которые потребуют соответствующих исследований и решений. В данной работе обсуждается проблема возможности снижения капитальных затрат при создании промышленных радиационных технологических установок.

## PROBLEMS OF ANTI-RADIATION PROTECTION OPTIMIZATION OF INDUSTRIAL RADIATION TECHNOLOGICAL PLANTS

*V.I. Sakhno*

Radiation technologies are important factor for increase of up-to-date production level. There are hundreds of industrial radiation plants in the world. Some of them are using effectively already more than thirty years. Modern state of radiation technique is characterized by increase of these technical means improvement. These means application turned practically into the class of

economical problems that need corresponding study and decision. Problem of possibility of capital outlays reduction for creation of industrial radiation technological plants is discussed in this paper.