

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗСІЯНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ
ЛІНІЙНОГО ПРИСКОРЮВАЧА ЕЛЕКТРОНІВ

І. М. Вишневський, Т. В. Хрін, В. І. Сахно, О. В. Сахно,
А. Г. Зелінський, С. П. Томчай, Н. В. Халова

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

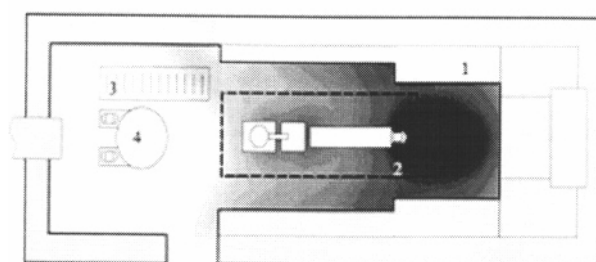
Представлено результати експериментального вимірювання побічних випромінювань від лінійного прискорювача (енергія електронів 4 МеВ) серії «Електроніка». Наведено схему вимірювальних засобів і методи обробки інформації. Досліджено радіаційний фон від установки.

Перспектива використання радіаційних технологій для виробництва товарів і послуг значною мірою визначається вартістю заходів щодо протирадіаційного захисту персоналу та довкілля. У стандартному варіанті вартість протирадіаційного захисту наближається, а інколи й значно перевищує вартість генеруючої техніки.

Дана робота присвячена вирішенню проблеми оптимізації конструкції протирадіаційного біологічного захисту для радіаційної установки широкого промислового призначення. Попередні методи конструювання захисту опираються на теоретичні та експериментальні дослідження з ізотопними джерелами радіації. Сучасні технології передбачають використання електрофізичних джерел – прискорювачів. Вони генерують випромінювання, яке суттєво відрізняється спектром від ізотопних джерел. Ураховуючи це, можна суттєво вдосконалити засоби протирадіаційного біологічного захисту на установках нового покоління. Це дасть змогу покращити їх економічні показники – підвищити ефективність та зменшити вартість.

Для розробки методів проектування захисту нового покоління радіаційних установок з прискорювачами електронів необхідно було отримати інформацію про спектр випромінювань, інтенсивність та розподіл у просторі всіх побічних випромінювань від генеруючого обладнання. З цією метою на експериментальній установці ІЯД НАН України, яка базується на лінійному прискорювачі електронів 4 МеВ [1], було проведено вимірювання розподілу радіаційних полів у технологічних приміщеннях та на зовнішніх стінах корпусу. Вимірювання здійснювались за допомогою системи дозиметрів, які розмішувались у різних точках усередині приміщення установки та зовні. Реальну картину розподілу радіації далі було встановлено шляхом комп'ютерної обробки даних, отриманих з цих дозиметрів. Якісну картину такого випромінювання всередині приміщення прискорювача, де розташовані найбільш значимі джерела випромінювання, зображено на рис. 1. Як і очікувалось, найбільш інтенсивне

випромінювання (від пучка електронів) направлене вперед уздовж осі прискорювача. На бокових стінах потоки значно слабші, а у зворотному напрямі вони зовсім незначні.



- | | |
|-------------------------|-------------------|
| □ – від 0,1 до 1 мЗв хв | 1 – захисні стіни |
| □ – від 1 до 3 мЗв хв | 2 – прискорювач |
| ■ – від 3 до 7 мЗв хв | 3 – сходби |
| ■ – від 7 до 12 мЗв хв | 4 – бак |
| ■ – більше 12 мЗв хв | |

Рис. 1. Розподіл інтенсивності іонізуючого випромінювання всередині приміщення.

У цих експериментах було доведено важливість урахування зворотно-розсіяного гальмівного гамма-випромінювання. Різко нерівномірний розподіл побічного випромінювання всередині приміщення свідчить про наявність значної компоненти побічного випромінювання не тільки від пучка, але також і від інших елементів генеруючого обладнання (прискорювача, інжектора, магнетронного генератора). Це у свою чергу обумовлює нерівномірний розподіл побічного випромінювання на зовнішніх стінах корпусу установки.

Найдоцільніше було б згладити «піки» зворотного випромінювання й таким чином вирівняти розподіл інтенсивності іонізуючого випромінювання всередині приміщення прискорювача. Це, відповідно, призведе до зниження радіаційного випромінювання із зовнішніх стін корпусу. Для вивчення цих «піків» було створено спеціальний «щільний» прилад (рис. 2). Детектором випромінювань тут є широкополосний датчик (СБТ-21), який реєструє інтенсивність випромінювання незалежно від енергії. Датчик установлено у свинцевий захист завтовшки 80 мм. Для реєстра-

ції інтенсивності потоку випромінювання тільки з одного напрямку в захисті передбачено відповідну колімацію щілиною розміром 10×20 мм. Для сканування простору прилад установлено на механічний пристрій з електричним приводом. Цей пристрій дозволяє обертати щілинний прилад на $230,4^\circ$ в горизонтальній та на $\pm 20^\circ$ у вертикальній площині, а також переміщати його в будь-яку точку приміщення.

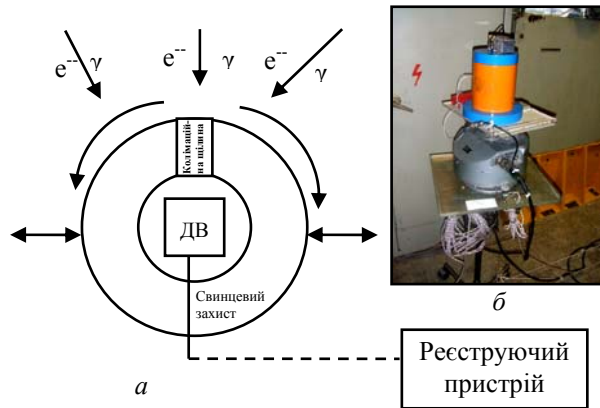


Рис. 2. «Щілинний» прилад.
Принципова схема (а) та загальний вигляд (б).

Для вимірювання радіаційного поля в приміщенні як суперпозиції випромінювання від різного обладнання прилад переміщувався вздовж осі в медіанній площині прискорювача. Розміщення приладу в медіанній площині прискорювача виключає вплив вертикальної асиметрії. Вимірювання здійснювались скануванням простору в різних точках уздовж цієї осі. Далі за допомогою комп'ютерної обробки будувались діаграми розподілу інтенсивності випромінювання (діаграми направленості). З їх аналізу були встановлені положення всіх джерел побічного випромінювання.

Напрямок випромінювання визначається за методами локалізації (вибирається за максимальним значенням інтенсивності), прийнятими в радіотехніці [2, 3]. Значною перевагою таких методів є висока точність визначення напрямків, яка автоматично забезпечується відносними, а не абсолютними вимірюваннями інтенсивності випромінювання.

Для цих вимірювань було розроблено відповідну методику, яка здійснювалась у два етапи. Перший етап передбачав вимірювання реально існуючого розподілу випромінювання в приміщенні прискорювача. На другому етапі такі ж вимірювання здійснювались зі встановленням поблизу найбільш активних джерел небажаного зворотного випромінювання додаткових елементів біологічного захисту.

На першому етапі за допомогою щілинного приладу було проведено вимірювання розподілу потоку випромінювань у кожній точці приміщення вздовж осі прискорювача в його медіанній площині.

При обробці даних було отримано ряд діаграм, які дозволили визначити перелік обладнання, що вносить найбільш суттєвий вклад у радіаційне поле побічних випромінювань (рис. 3 та 4). Результати збіглися з попередніми оцінками – таким обладнанням виявились магнетронний генератор, діафрагмований резонатор, система випуску пучка та елементи реакційної камери. При наближенні приладу до кінцевої точки (точка 8) діаграма розширюється і вказує на джерела випромінювання в складі прискорювача.

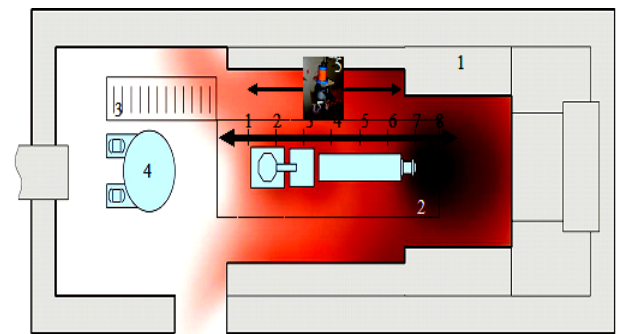


Рис. 3. Схема експерименту (без місцевого захисту).
Етап 1: 1 – захисні стіни; 2 – прискорювач; 3 – сходи; 4 – бак; 5 – «щілинний прилад».

Було встановлено показники залежності амплітуди цих випромінювань від режиму прискорення, настройки системи передачі НВЧ потужності, фази прискорюючої напруги та точності настройки фокусуєної системи.

Отримані дані були використані для розробки та перевірки заходів компенсації небажаного зворотного випромінювання в приміщенні боксу прискорювача. З цією метою було використано розсіяння випромінювання на захисних мішенях [4]. Було встановлено, що можна очікувати зниження максимальних значень інтенсивності в «піках» розподілу радіаційного поля за рахунок їх більш рівномірного розсіювання в просторі приміщення. При цьому величина середньої інтенсивності випромінювання на зовнішніх стінах корпусу установки не буде перевищувати меж, установлених [5].

Для експериментальної перевірки запропонованих методів формування радіаційних полів небажаного зворотного і побічного випромінювання проведено другий етап досліджень. У приміщенні боксу навпроти найбільш активного джерела небажаного випромінювання (визначеного з попередніх вимірювань) встановили захи-

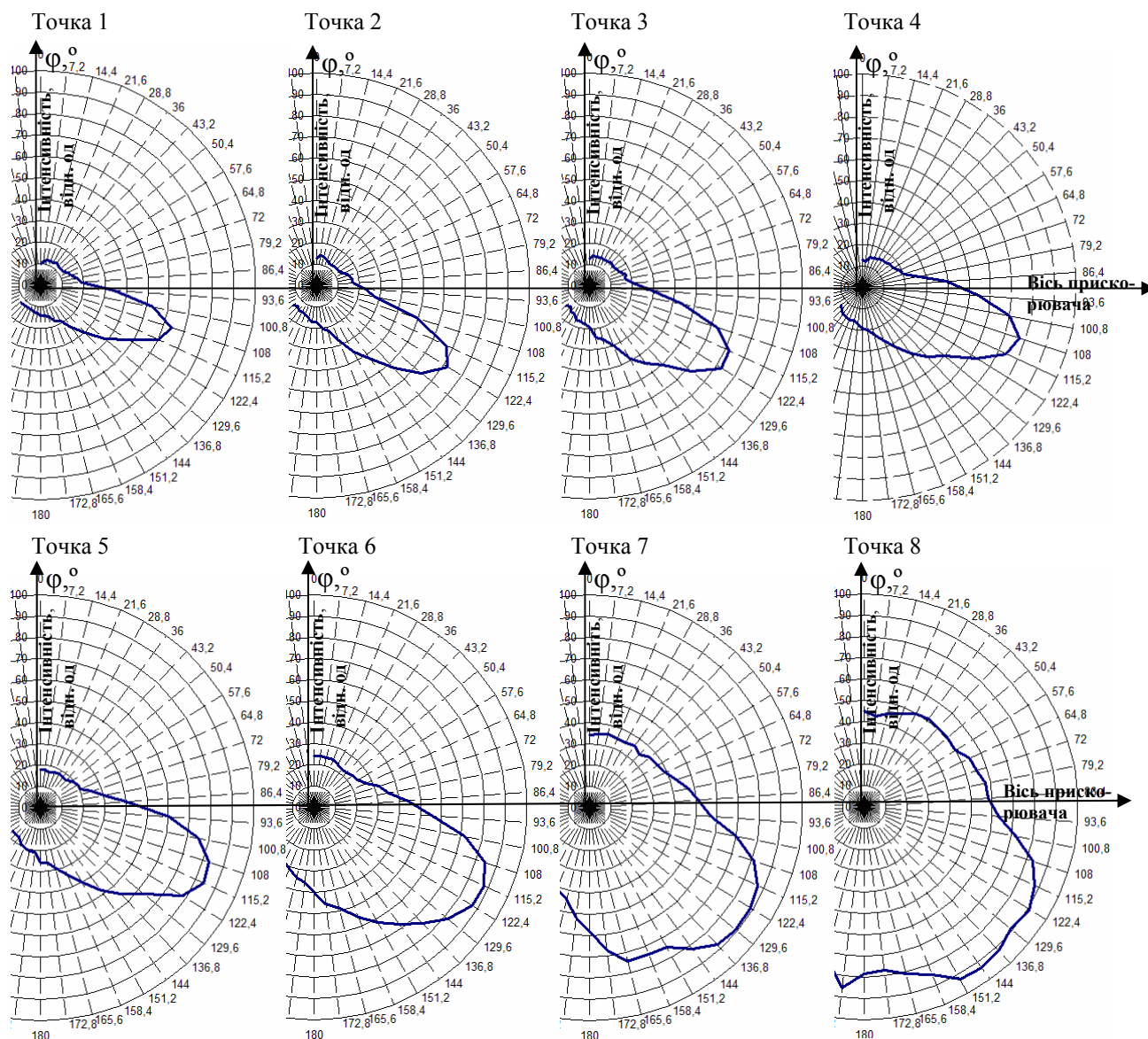


Рис. 4. Діаграми направленості розподілу інтенсивності побічного випромінювання прискорювача на етапі 1.

сний екран (коефіцієнт ослаблення ≈ 3) з цегли та свинцю, після чого знову проводилися вимірювання радіаційних полів у тих же точках, що й на першому етапі досліджень. Інформація оброблялася за тією ж методикою.

Результати цих вимірювань наведено на рис. 5 і 6, з яких видно, що запропонований метод зменшення нерівномірностей розподілу радіаційних полів у приміщенні є ефективним. Діаграми в точках 1 - 8 стали значно меншими за амплітудою, а також зменшився кут напрямку, з якого надходить випромінювання. Напрямок основного випромінювання перемістився в середину реакційної камери й у кілька разів зменшився пелюсток діаграми з боку генеруючого обладнання (від 2 до 10, залежно від точки сканування та кута повороту «щілинного» приладу, див. рис. 4 та 6), що власне і ставилося за мету в запропонованих методиках.

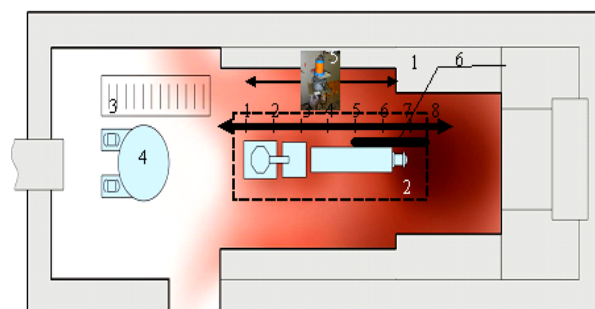


Рис. 5. Схема експерименту (місцевий захист): 1 – захисні стіни; 2 – прискорювач; 3 – сходи; 4 – бак; 5 – «щілинний прилад»; 6 – розсіюючий екран.

Таким чином, було експериментально доведено, що шляхом установлення розсіюючих екранів можна значно зменшити вклад зворотного випромінювання генеруючого обладнання в побічне радіаційне випромінювання установки.

Завдяки цьому практично стає непомітним на рівні природного радіаційного фону випромінювання від зовнішніх стін корпусу установки –

важливий фактор установлення таких установок на територіях промислових підприємств.

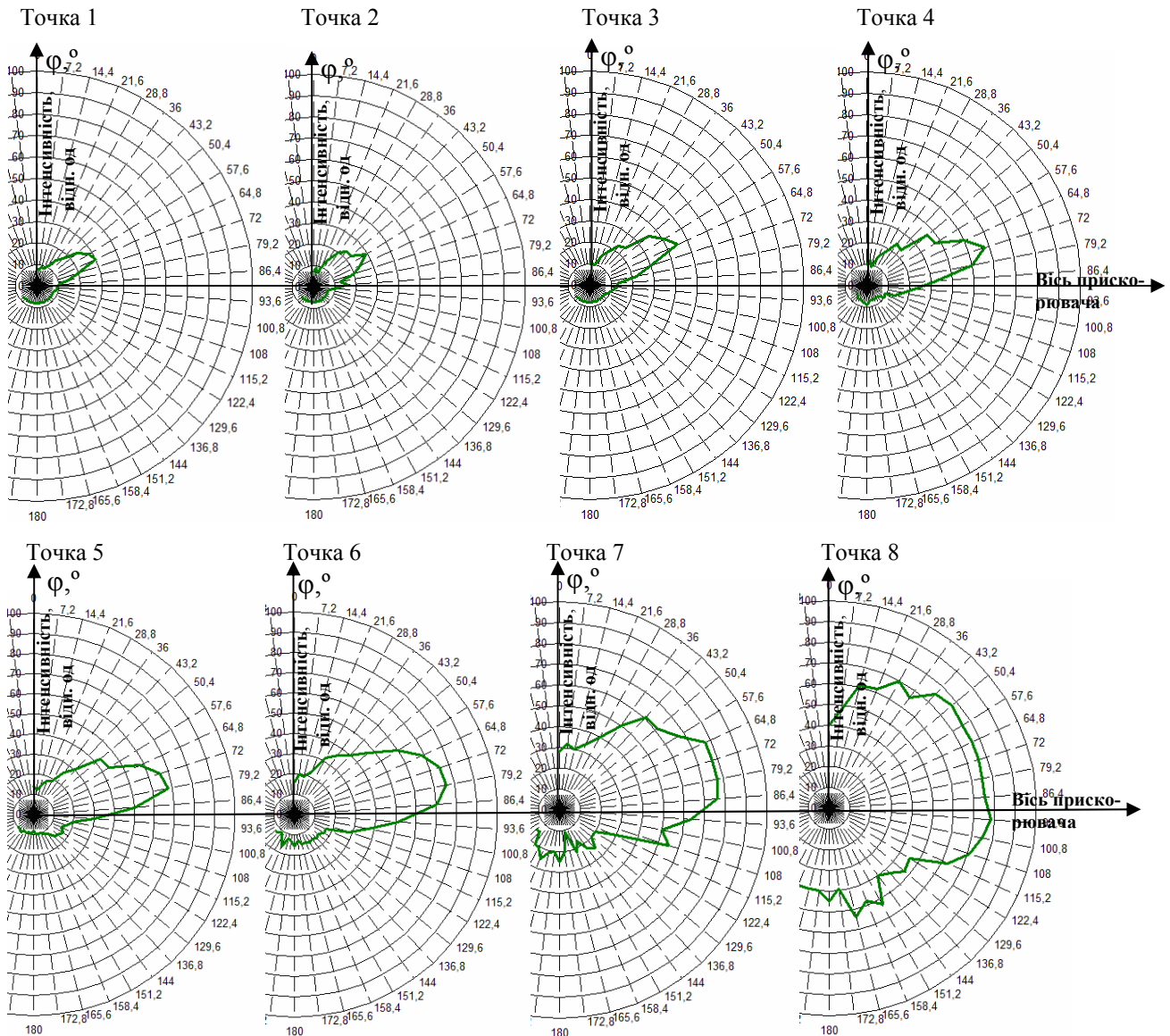


Рис. 6. Діаграми направленості розподілу інтенсивності побічного випромінювання прискорювача на етапі 2.

Висновок

Дослідження, виконані за наведеною методикою довели, що застосовуючи систему розсіюючих екранів навколо конкретних елементів генеруючого обладнання установки, можна проекту-

вати ефективні засоби захисту персоналу та довкілля. Вони більш прості та дешеві, ніж традиційні суцільні конструкції протирадіаційного біологічного захисту, бо можуть бути скомпоновані зі стін перемінної або меншої товщини.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вишневский И.Н., Зелинский А.Г., Сахно В.И., и др. Радиационная установка с ускорителем электронов ИЯИ НАН Украины // Атомная энергия. 2003. - Т. 94, вып. 2. - С. 163 - 166.
2. Радиопередающие устройства / Под ред. Б. П. Терентьева. - М.: Связь, 1972. - 456 с.
3. Справочник радиолобителя-конструктора / Под общ. ред. Р. М. Малинина. - М.: Энергия, 1973. - 408 с.
4. Булатов Б.П., Андрушин Н.Ф. Обратное-рассеяное гамма-излучение в радиационной технике. - М.: Атомиздат, 1971. - 240 с.
5. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України. Державні санітарні правила 6.177-2005-09-02. - К., 2005.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАССЕЯННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ**

**И. Н. Вишневский, Т. В. Хрин, В. И. Сахно, А. В. Сахно,
А. Г. Зелинский, С. П. Томчай, Н. В. Халова**

Представлены результаты экспериментального измерения побочных излучений от линейного ускорителя (энергия электронов 4 МэВ) серии «Электроника». Приводится схема измерительных средств и методы обработки информации. Исследован радиационный фон от установки.

THE RESEARCH OF THE SCATTERED RADIATION OF ELECTRONS LINEAR ACCELERATOR

**I. M. Vyshnevskiy, T. V. Khrin, V. I. Sakhno, O. V. Sakhno,
A. G. Zelinsky, S. P. Tomchay, N. V. Khalova**

The results of experimental measurement of undesirable radiation leakage from linear accelerator (electrons energy 4 MeV) of “Electronica” series are discussed. The scheme of measuring means and methods of processing of the information are updated. Radiated background from installation was investigated.

Надійшла до редакції 13.03.07,
після доопрацювання – 19.06.07.