

## ДЕЯКІ ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ КОМПОНЕНТИ ЕФЕКТИВНОЇ ДОЗИ ЗОВНІШНЬОГО ОПРОМІНЕННЯ ПЕРСОНАЛУ ІПБ АЕС НАН УКРАЇНИ

І. Г. Лагутін, М. М. Любинський, Н. М. Єршова, В. Т. Котляров

*Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, Чорнобиль*

Запропоновано спрощений підхід для вирахування ефективної дози персоналу, задіяного в зоні відчуження, та представлено бета-версію електронної бази даних індивідуальних доз персоналу нижнього рівня.

*Ключові слова:* індивідуальна ефективна доза, коефіцієнти конверсії, консервативний підхід, електронна база даних індивідуального дозиметричного контролю, бета-версія.

### Вибір коефіцієнтів конверсії для розрахунку ефективної دوزи персоналу в зоні відчуження

Вихід у світ Публікації № 60 МКРЗ у 1990 р. надав офіційного статусу поняттю ефективної дози опромінення, що потім було закріплено в національних нормативних документах, зокрема в НРБУ-97. Пізніше базові положення цієї публікації перейшли в Публікацію № 103 2007 р.

При всій принадності ідеологічних аспектів концепції ефективної дози її введення поставило цілу низку серйозних практичних завдань перед польовою дозиметрією. Переналаштування й доробки вимагав увесь парк дозиметричної та радіометричної апаратури. З часом технічні труднощі так чи інакше були значною мірою подолані. Та не просто було вирішити проблему конкретних розрахунків ефективної дози. Так, значні труднощі постали при здійсненні процедури оцінки компоненти внутрішнього опромінення. До необхідності створення складних математичних моделей додалися проблеми та ускладнення при вимірюванні відповідних операційних величин, які й дотепер до кінця не вирішені. Як приклад, можна навести труднощі з вибором такого параметра, як референтний тип системного надходження аерозолів. Однак у більшості випадків компонента внутрішнього опромінення ефективної дози становить порівняно невелику частину оцінюваної величини ефективної дози. І в ряді випадків це дає змогу відмовитись від складних розрахунків та використовувати спрощену процедуру – фіксувати неперевищення відповідних рівнів надходжень і концентрацій.

Значний об'єм практичних питань виникає при намаганні оцінити компоненту ефективної дози зовнішнього опромінення, навіть якщо полишити за дужками визначення величин доз від бета-опромінення  $H_S(0,07)$  та  $H_S(3)$ . Так, у випадку гамма-опромінення з визначення поняття цієї компоненти впливає залежність її величини від орієнтації тіла людини в полі іонізуючого випромінювання, а також від енергетичного спектра випромінювання. Поява Публікації МКРЗ № 74, де підсумовано результати багатьох вимірювань, виконаних із використанням антропоморфних фантомів та високочутливих ТЛД-систем („Панасонік”, „Харшоу” тощо) дала відповідь на ряд запитань. Зокрема, показано, що відповідні розрахункові коефіцієнти (коефіцієнти конверсії) варіюються від 0,35 до 1,43 для різної просторової орієнтації та ще на 20 % для енергії гамма-опромінення в діапазоні 0,15 – 0,40 MeV (типовий для об'єкта „Укриття” енергетичний спектр). Але подальша відповідальність (і це закладено у відповідних нормативних документах - у нашому випадку в ОСПУ-2005) за потрібний вибір коефіцієнтів, тобто відповідальність за правильність вимірювань, покладена безпосередньо на низові дозиметричні служби.

Найпростіший підхід продемонстровано фахівцями РФ. У регулюючому документі МУ-2.6.1.-1999 [1], розробленому в Інституті радіаційної гігієни (Санкт-Петербург) та затвердженому Головним санітарним лікарем РФ, постулюється значення конверсійного коефіцієнта, що дорівнює одиниці. При цьому справедливо стверджується, що таке значення в більшості випадків є достатньо консервативною оцінкою, тим більше з огляду на реальні

значення сумарної величини похибки вимірювань. І така вкрай спрощена процедура перекидає широкий діапазон практичних завдань.

Однак у ряді складних випадків (а саме такою є ситуація на об'єкті „Укриття”) такий підхід не може бути виправданим, і необхідно більш суворо підійти до визначення величин коефіцієнтів конверсії. Для конкретних потреб об'єкта „Укриття” було виконано низку робіт кількома авторськими колективами. Так, у циклі робіт під керівництвом А. К. Сухоручкіна в 1997 – 1999 рр. [2] встановлено рекомендовані величини коефіцієнтів конверсії в межах 0,88 – 0,92. Пізніше група дослідників Інституту радіаційної медицини МОЗУ (керівник робіт В. В. Чумак) за результатами виконаних у 2000 – 2001 рр. робіт обґрунтувала уточнені значення коефіцієнтів конверсії для об'єкта „Укриття”. Вони встановлювались у межах 0,91 – 0,95. Той же авторський колектив виконав на замовлення Національної атомної енергетичної компанії відповідні роботи для підприємств атомної галузі країни [3]. Для спрощення розрахункової процедури авторами запропоновано ввести коефіцієнт нерівномірності  $\eta$ . Діапазон варіювання  $\eta$  0,93 – 0,97. І хоча знову ж таки конкретний вибір коефіцієнтів покладено на відповідні служби радіаційної безпеки, стабільність умов праці персоналу в безаварійних ситуаціях дозволяє відносно легко такий вибір зробити.

Окремого підходу вимагає ситуація з персоналом, задіяним у зоні відчуження. Частина персоналу, який працює безпосередньо на ЧАЕС, підпадає під дію відповідних регламентів, бо отримані там дози суттєво перевищують дози, які отримує персонал, працюючи за межами 10-кілометрової зони. Однак радіологічна ситуація в зоні відчуження достатньо складна, а відтак вимагає відповідної уваги. З великою ймовірністю можна стверджувати, що основний внесок у формування дози – у нашому контексті дози зовнішнього опромінення – вносять радіонукліди (в основному  $^{137}\text{Cs}$ ), що осіли на поверхні ґрунту та з часом просякли на деяку глибину. Таким чином, основна ситуація процесу опромінення персоналу в зоні відчуження зводиться, з точки зору Публікації № 74, до випадку опромінення знизу-збоку. На зниження величин коефіцієнтів конверсії працює також наявний енергетичний спектр, зумовлений в основному радіонуклідом  $^{137}\text{Cs}$ .

Певне підтвердження таким припущенням надають експериментальні величини, отримані нами при виконанні програми дослідження токсичних факторів в атмосфері об'єкта „Укриття” та зони відчуження. Був задіяний антропоморфний гетерогенний фантом разом із ТЛД-системою „Алнор”, наданий Інститутом радіаційної медицини МОЗУ (НДІРМ) [4]. Отримані на полігонах ІПБ АЕС та на проммайданчику об'єкта „Укриття” дані підтверджують попередні висновки про коефіцієнти конверсії в межах 0,71 – 0,82.

Наявні методичні напрацювання та апаратний парк дають змогу отримати достатньо точні величини коефіцієнтів на кожному локальному робочому місці. Однак можна стверджувати, що зона відчуження являє собою суцільне робоче місце величезної площі. Таким чином, детальні процедури визначення коефіцієнтів стають не виправданими з точки зору принципу виправданості, а відтак – непотрібними. З іншого боку, ситуація опромінення знизу-збоку, а також спектральний склад випромінювання дозволяють із впевненістю констатувати, що в більшості випадків коефіцієнти будуть мати значення, суттєво менші за одиницю. Отже, можна рекомендувати відповідним дозиметричним службам використовувати верхні границі з рекомендованих НДІРМ значень – тобто 0,95. Або ж навіть ще більш консервативне значення з методичних рекомендацій РФ – 1,0, що не внесе великих викривлень у вимірювальний процес та суттєво спростить процедуру розрахунків. Знову ж таки підкреслимо, що для персоналу, задіяного в 10-кілометровій зоні, а також на об'єкті „Укриття”, тобто такого, який має ризик отримати величину дози, наближену до граничної, діють методичні рекомендації НДІРМ. Зокрема, такий персонал в ІПБ АЕС перебуває під подвійним контролем – з боку дозиметричної служби ЧАЕС та відділу радіаційної безпеки ІПБ АЕС. Проведене за допомогою кореляційного аналізу порівнювання отриманих величин доз для групи працівників ІПБ АЕС, які отримали дози, наближені до встановлених контрольних рівнів, продемонструвало відсутність значимих відмінностей у дозах, розрахованих за різними методиками.

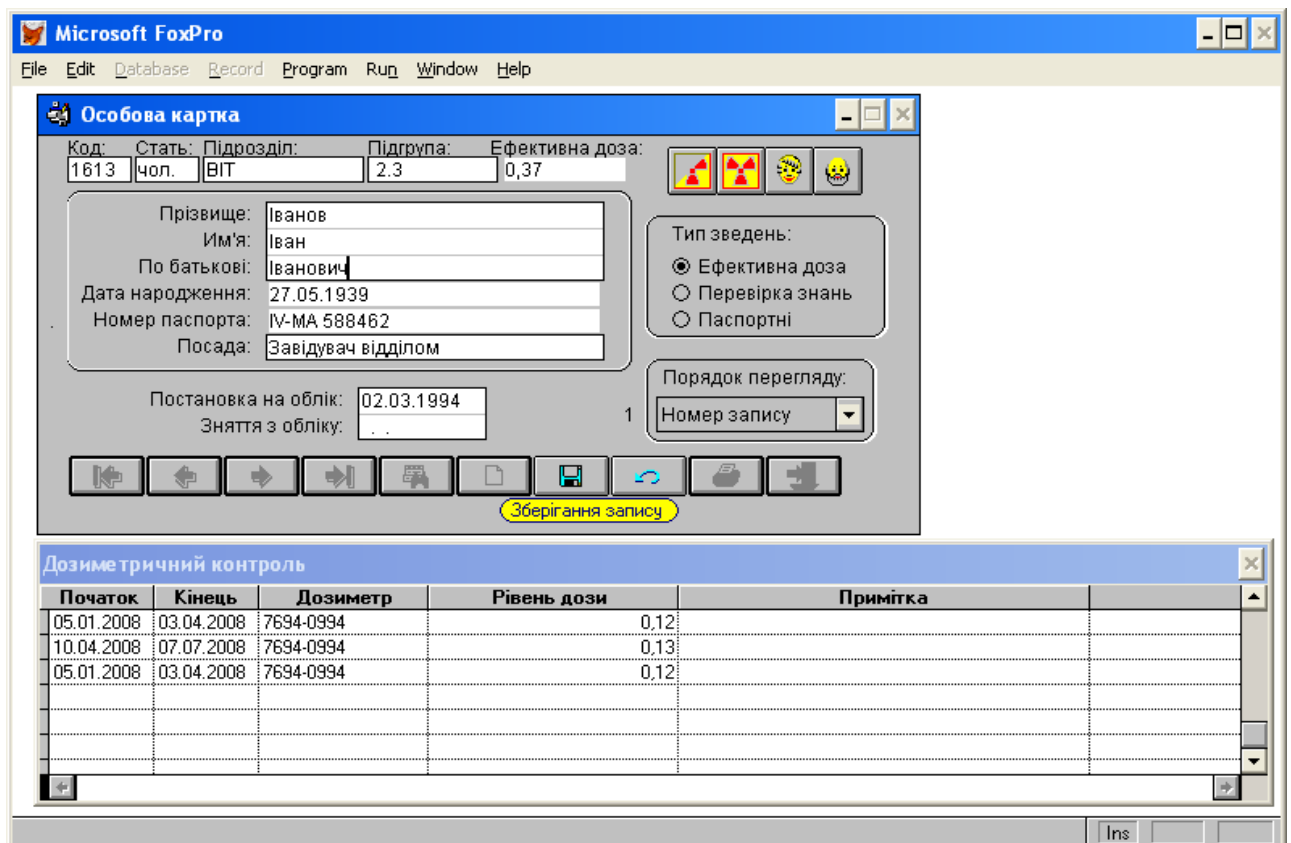
## Електронна база даних індивідуального дозиметричного контролю

Важливе значення надається фіксації та надійному збереженню отриманих даних по дозових навантаженнях персоналу інституту. За рішенням КМ України № 379 (2003 р.) розпочато створення єдиної державної системи контролю та обліку індивідуальних доз опромінення населення.

Пропонується створення локальної бази даних для внесення, редагування та збереження відповідних записів індивідуального дозиметричного контролю, використовуючи засоби системи керування базами даних FoxPro для Windows.

Внесенню в електронну базу даних підлягають такі записи: прізвище працівника, його ім'я, по батькові, ідентифікаційний код, стать, підрозділ, посада, підгрупа контролю, паспортні дані (індекс, місто, район, область, місце проживання, телефон, дата народження, серія та номер паспорта, ким видано, дата видачі), початок і кінець періоду накопичення індивідуальної дози, значення отриманої індивідуальної дози за період контролю, дані по перевірці знань, дата постановки працівника на облік до групи радіаційно-дозиметричного контролю та дата зняття з обліку. Наведені записи групуються у вигляді шести пов'язаних одна з одною таблиць: таблиця штатного розкладу, таблиця паспортних даних, довідник підрозділів, довідник посад, таблиця результатів індивідуального дозиметричного контролю, таблиця результатів перевірки знань.

Зовнішній вигляд інтерфейсу бази даних при введенні індивідуальних доз опромінення показано на рисунку:



Користувачеві пропонуються різні режими перегляду записів бази даних: за номером запису, за кодом працівника, за найменуванням підрозділу або за алфавітом. У процесі перегляду даних у полі "Ефективна доза" у верхній частині інтерфейсу виводиться сумарне значення індивідуальної дози, отриманої працівником з часу взяття на облік до групи дозиметричного контролю. Інформаційне навантаження про рівні отриманої дози несуть також іконки в правому верхньому куті інтерфейсу. Ліва іконка стає активною, якщо сумарна доза, що отримана працівником, досягає половини річного контрольного рівня. Наступна за нею ікон-

ка стає активною, якщо сумарна доза, яку отримав працівник, досягає річного контрольного рівня. Третя іконка стає активною, якщо при перевірці знань працівником була отримана оцінка "Не зараховано". Права іконка є активною для працівників, які зняті з обліку в групі дозиметричного контролю.

Користувачеві пропонуються різні режими введення даних за типом відомостей (паспортні, ефективної дози, перевірки знань тощо), що дає змогу мінімізувати обсяг занесення при редагуванні або додаванні даних. Основний масив параметрів вводиться при створенні бази даних під час уведення паспортних даних.

У процесі роботи програма пропонує наступні послуги по автоматичному формуванню документів:

довідку про отриману дозу зовнішнього гамма-опромінювання за заданий період часу;  
довідку про колективну ефективну дозу персоналу за заданий періоду часу (форма № 001);

список працівників, які отримали дозу зовнішнього опромінення заданого рівня в мЗв;  
список працівників, яким встановлено контрольний рівень заданого рівня в мЗв;  
протокол по перевірці знань з ядерної та радіаційної безпеки;  
список працівників на обліку в групі радіаційно-дозиметричного контролю;  
список працівників, знятих з обліку в групі радіаційно-дозиметричного контролю.

Очевидно, що використання однієї з найбільш застосовуваних систем керування базами даних дасть змогу відносно легко інтегрувати наведену в статті базу даних по дозових навантаженнях персоналу ПІБ АЕС до майбутнього загальнодержавного реєстру.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Дозиметрия*. Определение индивидуальных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения. Общие требования. Методические указания МУ 2.6.1. – М., 1999.
2. *Сухоручкин А.К., Розумный В.П., Чумак В.В. и др.* Методика определения эффективной дозы внешнего гамма-облучения. Методические указания. - Славутич, 2001.
3. *Chumak V., Bakhanova E., Shylo S. et al.* Passive TLD Based System for Characterisation of Spectral and Angular Properties of High Dose Rate Workplace Fields // *Radiat Prot Dosimetry*. - 2002. - Vol. 101(1-4). - P. 589 - 592.  
*Chumak V., Bakhanova E., Shylo S. et al.* Comparative Performance Testing of Harshaw 8800 and KDT-02M TLD Systems // *Radiat Prot Dosimetry*. - 2002. Vol. 101(1-4). - P. 593 - 596.
4. *Оцінка величини поглиненої дози за допомогою антропоморфного гетерогенного фантома: (Звіт) / МНТЦ „Укриття” НАН України; Керівник теми О. Е. Меленевський. - Арх. № 3131. - Чорнобиль, 1994.*

#### НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КОМПОНЕНТЫ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОЗЫ ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА ИПБ АЭС НАН УКРАИНЫ

**И. Г. Лагутин, Н. Н. Любинский, Н. Н. Ершова, В.Т. Котляров**

Предложен упрощенный подход для расчета эффективной дозы персонала, работающего в зоне отчуждения. Представлена бета-версия электронной базы данных индивидуальных доз персонала нижнего уровня

*Ключевые слова:* индивидуальная эффективная доза, коэффициенты конверсии, консервативный подход, электронная база данных индивидуального дозиметрического контроля, бета-версия.

#### SOME PROBLEMS IN ESTIMATING UKRAINE'S NAS ISP NPP PERSONNEL'S COMPONENT OF EXTERNAL EXPOSURE EFFECTIVE DOSE

**I. G. Lahutin, M. M. Liubinskiy, N. M. Yershova, V. T. Kotliarov**

A simplified method for estimating effective dose of personnel working in Exclusion Zone is proposed. A beta-version of electronic database of bottom-rank personnel is presented.

*Keywords:* individual effective dose, conversion coefficients, conservative approach, electronic database of individual dosimetric control, beta version.

Надійшла до редакції 23.02.10