

УДК 004.415.2:616-073.7(045)

О. Б. Іванець, канд. техн. наук,
Ж. Є. Кондратюк

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДОЗ ОПРОМІНЕННЯ ПАЦІЄНТІВ

Інститут електроніки та систем управління НАУ, e-mail: bikam_nau@mail.ru

Розроблено програму для дослідження можливостей подальшого зниження дози опромінення пацієнта при проведенні комп'ютерної томографії за рахунок фільтрації випромінювання, що розсіюється пацієнтом в процесі дослідження.

Ключові слова: комп'ютерна томографія, доза опромінення, програма, променеве опромінення.

Постановка проблеми. Завдяки широкому впровадженню рентгенівських комп'ютерних томографів (РКТ), що забезпечують здобуття 3D зображення за частки секунди, променеве навантаження на пацієнта в рентгенівській комп'ютерній томографії часто виявляється визначальним для вибору стратегії обстеження і в ряді випадків досягає небезпечних меж.

У зв'язку з цим провідними фірмами-розробниками РКТ вживаються жорсткі заходи щодо максимального зниження променевого навантаження (моделювання струму і напруги на трубці, точна колімація робочого пучка, оптимальна фільтрація випромінювання). Прикладом такого комплексного вирішення проблеми мінімізації дози у разі застосування РКТ є система «Care-Dose» фірми «Siemens» [1] з передбаченням цих заходів. Схожі системи застосовуються іншими фірмами [2].

У доповідях на конгресах ECR 2005 – 2009 рр. значна увага приділялася методам зниження променевого навантаження у разі застосування РКТ.

Тим часом в нормативних документах (міжнародних і національних стандартах, санітарних правилах і нормах і ін.) досі немає ні нормованих обмежень променевих навантажень при РКТ, ні переліку обов'язкових заходів щодо їх мінімізації, хоча в таких обмеженнях назріла потреба.

Мета роботи. Метою цієї роботи є побудова програмного продукту для дослідження можливостей подальшого зниження дози опромінення пацієнта у разі застосування РКТ за рахунок фільтрації розсіюваного пацієнтом в процесі дослідження випромінювання.

Виклад основного матеріалу. Створену програму «Томографічні дослідження» розроблено для отримання експериментальних даних доз опромінення організму людини без її безпосередньої присутності. Програма має можливість змодельовати різні ситуації із заданих параметрів для наукових досліджень. Для розроблення програмного продукту було використано числовий метод Монте-Карло, хімічний склад матеріалів, їх геометричну структуру і мову програмування VBA (Visual Basic for Application), що вбудована в лінійку продукції MS Office. Програма написана за допомогою програмних засобів Microsoft office, зокрема Excel мовою Visual Basic for Application, у вигляді макроса.

Як приклади були розглянуті різні матеріали для імітації екранування захисними поверхнями, а саме: скло, деревина, сталь, пінопласт та інші. Також були змодельовані дані про різні частини тіла людини, що дозволило отримати результати доз відбитого та поглинутого опромінення. У програму закладено енергетичний спектр гамма-випромінювання, що відповідає параметрам опромінювання, хімічний склад і геометрія опромінюваних матеріалів. Для кожної конкретної комбінації опромінюваних матеріалів виконано розрахунки доз пройденого та відображеного випромінювань. Для розрахунків проходження опромінення через ліктьову частину руки щільність кісткової і м'якої тканин і

їх хімічний склад були взяті з математичного опису фантома дорослої людини [3] (був закладений усереднений хімічний склад).

Програмний продукт для розрахунку обчислення доз опромінення. Програму «Томографічні дослідження» розроблено таким чином, щоб отримувати результати дози пройденого та відбитого опромінення у числових значеннях і графічному відображенні для можливості їх порівняння.

Вікно інтерфейсу, з якого починається робота з програмою, показано на рис. 1.

Рис. 1. Робоче вікно програмного продукту

В цьому вікні вводяться стандартні дані комп'ютерної томографії, такі як: t – товщина матеріалу, який береться за основу створення радіаційного захисту; λ – середня довжина взаємодії випромінювання в матеріалі; α – кут падіння випромінювання до нормалі поверхні дозиметра; $S_1 + S_2$ – відстань від дозиметра до фокуса первинного; ξ – еквівалент товщини підкладки, що міститься нижче за шари матеріалу; S_3 – ефективна відстань від дозиметра до фокусу вторинного випромінювання; $\pi - \nu$ – кут падіння первинного випромінювання.

Програма виконує числові розрахунки значень кількості радіації за заданими параметрами: R_1 – доза прямого опромінення в повітрі на відстані від джерела $S \ll \lambda$; R_2 – доза випромінювання, що пройшло через матеріал заданої товщини; R_3 – доза відображеного (розсіяного назад під кутом падіння до напрямку первинного пучка). У програмний продукт внесено дані про такі речовини з однорідним хімічним складом, як оргскло, деревина, сталь; пінопласт; людське тіло на прикладі ліктьової частини руки. Розраховані значення подаються у вигляді таблиці та графіків. Також існує можливість побудови сукупних значень дози прямого опромінення, дози випромінювання, що пройшла через матеріал, дози розсіяного опромінювання на одному графіку, де буде зображено різницю значень поглиненої та відображеної доз (рис. 2).

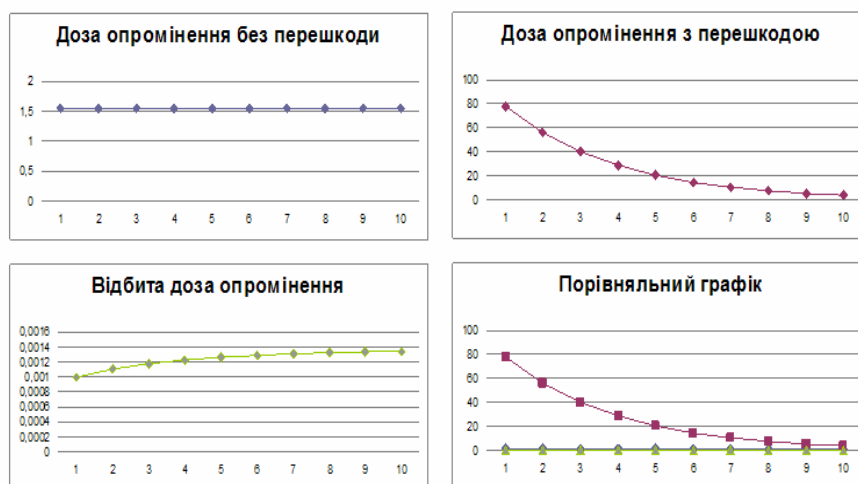


Рис. 2. Графічне зображення результатів розрахунку

Проведення експерименту для обчислення доз опромінення за допомогою розробленої програми. На рис. 3 подано дані експерименту з умовами: $t = 20$; $\lambda = 3,88$ нм; $\alpha = 45^\circ$; $S_1 = 83$ см; $S_2 = 15$ см; $\xi = 1$; $S_3 = 63$ см; $\pi - \nu = 135$. Були отримані дані для оргскла та деревини. Порівнявши експериментально оргскло і деревину і отримавши табличне значення результатів, виявили, що за товщини від 1 до 20 см оргскло пропускає в 5 разів менше рентгенівських променів, ніж деревина за таких самих заданих параметрів (рис. 3). Отже, є можливість створення захисного екрана чи щита для захисту сусідніх органів, які не підлягають дослідженню.

t	R1	R2	R3
1	16,3449	823,2804	0,003459
2	16,3449	589,9067	0,00381
3	16,3449	422,6872	0,004061
4	16,3449	302,8692	0,004241
5	16,3449	217,0158	0,00437
6	16,3449	155,4992	0,004463
7	16,3449	111,4206	0,004529
8	16,3449	79,83687	0,004577
9	16,3449	57,20617	0,004611
10	16,3449	40,99056	0,004635
11	16,3449	29,37157	0,004653
12	16,3449	21,0462	0,004665
13	16,3449	15,08081	0,004674
14	16,3449	10,80642	0,00468
15	16,3449	7,743691	0,004685
16	16,3449	5,549148	0,004688
17	16,3449	3,976688	0,004691
18	16,3449	2,849972	0,004692
19	16,3449	2,042644	0,004694
20	16,3449	1,464169	0,004695

t	R1	R2	R3
1	0,290028	14,60913	0,00415
2	0,290028	10,46856	0,004572
3	0,290028	7,501708	0,004873
4	0,290028	5,375869	0,00509
5	0,290028	3,852639	0,005244
6	0,290028	2,761197	0,005355
7	0,290028	1,979144	0,005435
8	0,290028	1,418779	0,005492
9	0,290028	1,01726	0,005533
10	0,290028	0,729559	0,005562
11	0,290028	0,523412	0,005583
12	0,290028	0,375701	0,005598
13	0,290028	0,269862	0,005609
14	0,290028	0,194025	0,005617
15	0,290028	0,139685	0,005622
16	0,290028	0,100749	0,005626
17	0,290028	0,07285	0,005629
18	0,290028	0,05286	0,005631
19	0,290028	0,038536	0,005632
20	0,290028	0,028272	0,005633

Рис. 3. Табличне подання результатів для деревини (зліва) та оргскла (справа)

Можна змінити будь-яку характеристику, наприклад, кут відбиття, товщину матеріалу, причому задаючи крок зміни, що дозволяє отримати більшу кількість даних для збільшення достовірності результатів вибору матеріалу, його товщини і характеристик.

Висновки. Запропоновану програму «Томографічні дослідження» розроблено для отримання експериментальних даних доз опромінення організму людини без її безпосередньої присутності. Існують суттєві переваги цього продукту над іншим:

1. Низькі системні вимоги до комп'ютерної техніки та можливість встановлення цього програмного продукту на будь-який ПК, який використовує стандартний набір MS Office, що дозволяє уникнути проблему інсталяції більш складних пакетів програм, як наприклад [2].

2. Дає змогу провести класифікаційний аналіз особливості конструкції, класифікації, аналіз джерела рентгенівських випромінювань і доз опромінювання.

3. Описує випромінювання, що пройшло через матеріал, і обчислення доз опромінення матеріалів як пройденого, так і відбитого.

4. Надає результати в табличному та графічному зображеннях

5. Дозволяє швидко і з прийнятною точністю оцінити величину доз випромінювання у разі опромінення вузьким пучком однорідного матеріалу заданої товщини.

Список літератури

1. <http://www.healthcare.siemens.com/med/rv/spectrum>.
2. *GEANT* – Detector Description and Simulation Tool. – CERN Geneva, Switzerland 2006. – 467 с.
3. *Eckerman K. F., Cristy M. and Ryman J. C.* The ORNL mathematical phantom series. <http://homer.ornl.gov/vlab/mird2.pdf>.

О. Б. Иванец, Ж. Е. Кондратюк

Разработка программы для моделирования доз облучения пациентов

Предложен программный продукт для исследования возможностей дальнейшего снижения дозы облучения пациента при проведении компьютерной томографии за счёт фильтрации излучения, которое рассеивается пациентом в процессе исследования.

O. B. Ivanets, J. E. Kondratyuk

Develop a program for modeling doses to patients

A software product for research opportunities to further reduce patient radiation dose during CT scan by filtering radiation that is scattered by the patient during the study.