

Л. І. Асламова, Н. В. Меленевська,
Є. В. Грабовська, Н. С. Мірошніченко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
м. Київ, Україна

Організація дистанційних практичних занять для медичних фізиків у вищих навчальних закладах

Організація практичного тренінгу медичних фізиків у вищих навчальних закладах, клінічних установах, з одного боку, потребує дотримання вимог Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97) стосовно визначення категорій осіб, які мають право працювати із джерелами іонізуючого випромінювання, а з іншого — вимог до структури та програм навчального процесу. Запропоноване авторами використання для тренінгу студентів автоматизованих та оснащених дистанційним комп'ютерним керуванням навчально-дослідницьких цифрових рентгенівських установок дає змогу усунути існуючі розбіжності між цими видами вимог та розширити можливості безпосередньої роботи медичних фізиків з отримання рентгенівського зображення та його подальшої обробки за умов виключення ризику для здоров'я студентів, пов'язаного з опроміненням.

Ключові слова: медична фізика, дистанційне навчання, норми радіаційної безпеки, джерело іонізуючого випромінювання, навчально-дослідницька цифрова рентгенівська установка, он-лайн тренінг, он-лайн навчання.

**Л. И. Асламова, Н. В. Меленевская, Е. В. Грабовская,
Н. С. Мирошніченко**

Организация дистанционных практических занятий для медицинских физиков в высших учебных заведениях

Организация практического тренинга медицинских физиков в высших учебных заведениях, клинических учреждениях, с одной стороны, требует соблюдения требований Норм радиационной безопасности Украины (НРБУ-97) относительно определения категорий лиц, имеющих право работать с источниками ионизирующего излучения, а с другой — соблюдения требований к структуре и программам учебного процесса. Предложенное авторами использование для тренинга студентов автоматизированных и оснащенных дистанционным компьютерным управлением учебно-исследовательских цифровых рентгеновских установок позволяет устранить существующие различия между этими видами требований и расширить возможности непосредственной работы медицинских физиков по получению рентгеновского изображения и его последующей обработки в условиях исключения риска для здоровья студентов, связанного с облучением.

Ключевые слова: медицинская физика, дистанционное обучение, нормы радиационной безопасности, источник ионизирующего излучения, учебно-исследовательская цифровая рентгеновская установка, он-лайн тренинг, он-лайн обучение.

© Л. І. Асламова, Н. В. Меленевська, Є. В. Грабовська,
Н. С. Мірошніченко, 2013

Головним завданням медичного фізика є контроль та забезпечення якості надання медичних послуг з використанням джерел іонізуючого випромінювання у діагностиці, інтервенційній радіології, ядерній медицині, радіаційній онкології, дозиметрії з метою зниження дозового навантаження на пацієнта та отримання інформативного зображення [1]. Тому якісна освіта фахівців з медичної фізики за сучасними європейськими стандартами обов'язково має передбачати, крім традиційної теоретичної та лабораторно-практичної частини, тренінг у клінічних установах [2] за присутності медичного персоналу, а також досвідчених медичних фізиків. Практику можна проходити і на промислових підприємствах, які, наприклад, виготовляють цифрові рентгенівські установки.

Стрімкий розвиток світових медичних інноваційних технологій у сфері використання джерел іонізуючого випромінювання розширив арсенал діагностичного, терапевтичного обладнання, а також розробку та впровадження новітніх методик. Традиційні клінічні методики поступово замінюються сучасними, які, зокрема, передбачають цифрову обробку рентгенівських знімків досліджуваних ділянок органів тіла пацієнтів, що дає змогу суттєво зменшувати вхідну експозиційну дозу [3, 4].

У медичних закладах Європи існують інформаційні бази, завдяки яким отримане в електронному вигляді рентген-лаборантом діагностичне зображення миттєво стає доступним лікарю-діагносту (навіть з іншої держави). Це не тільки пришвидшує встановлення діагнозу, а й уможливує проведення додаткової професійної консультації поза межами клініки. Зважаючи на це, спеціалісти з медичної фізики мають володіти дистанційними технологіями, а тренінг має розвивати навички роботи з автоматизованими установками та інформаційними базами (накопичування, зберігання, обробка, передача даних мережею Інтранет та Інтернет).

Мета даної роботи — організація та впровадження дистанційних практичних занять на новітньому обладнанні у процесі підготовки фахівців з медичної фізики вищими навчальними закладами.

Дистанційне практичне навчання on-line актуальне для України, держав пострадянського простору і надзвичайно поширене в європейських країнах [5, 6]. Зокрема, в Чеській республіці, на медичному факультеті Карловського університету (м. Прага), розроблено інноваційну навчальну лабораторію, оснащену автоматизованими та дистанційно-керованими модельними пристроями, що дозволяють відтворювати клінічне обстеження.

Серед низки запропонованих студентам-медикам задач — симулювання ультразвукового обстеження (УЗО) та комп'ютерної томографії (КТ). УЗО проводиться з використанням спеціального фантому та мобільного ультразвукового пристрою. Спрощена модель КТ є установкою, яка містить джерело гамма-квантів, кубічні об'єкти з різних матеріалів 2×2 см (імітація тривимірних об'єктів), сцинтиляційний детектор, який використовується для визначення коефіцієнтів затухання, та програмне забезпечення для вирішення окремих лінійних рівнянь [7].

Вітчизняна правова та методологічна база у сфері радіаційної безпеки щодо діяльності з джерелами іонізуючого випромінювання не завжди гармонізована з вимогами рекомендацій міжнародних організацій, законодавством Європейського Союзу [8]. Існує ряд розбіжностей між Нормами радіаційної безпеки України (НРБУ-97) [9] та Міжнародними основними стандартами безпеки (Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic

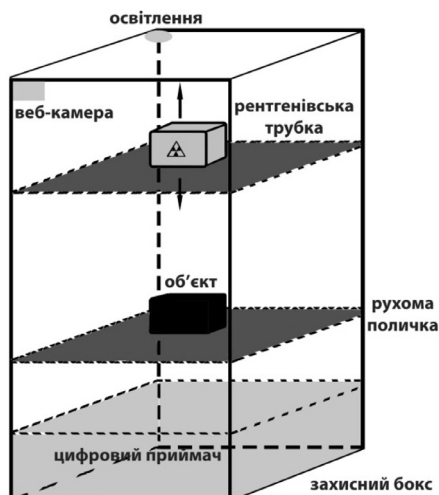


Рис. 1. Схема навчально-дослідницької цифрової рентгенівської модельної установки для практичного навчання спеціалістів з медичної фізики

Safety Standards, BSS), розробленими Міжнародною агенцією з ядерної енергії (МАГАТЕ) [10].

Офіційним документом МАГАТЕ (зокрема оновленою версією BSS), чия дія поширюється на країни-члени організації, до яких належить і Україна, визначено категорії осіб залежно від отриманого ними щорічного променевого навантаження:

для професійного опромінення осіб, старших за 18 років, встановлено ліміт ефективної дози 20 мЗв на рік, усереднена доза за п'ять наступних років становить 100 мЗв [10];

для професійного опромінення учнів у віці від 16 до 18 років, які навчаються з метою подальшого отримання роботи, пов'язаної з використанням джерел іонізуючого випромінювання, або користуються джерелами іонізуючого випромінювання в процесі навчання, встановлюється ліміт ефективної дози 6 мЗв на рік [10].

Деяко відмінні положення має національна нормативно-правова база з радіаційної безпеки. Згідно з п. 5.2.2 НРБУ-97 [9], особи віком до 18 років не допускаються до роботи з джерелами іонізуючого випромінювання, а п. 4.3 визначено три категорії осіб, які можуть зазнати опромінення: «А» (персонал), «Б» (персонал), «В» (населення). Подібно до рекомендацій BSS, п. 5.1.4 НРБУ-97 встановлює ліміт дози опромінення 20 мЗв на рік для персоналу категорії «А».

Оскільки на сьогоднішній день студенти вищих навчальних закладів не віднесені до осіб категорії «А», а отже не мають права на роботу з джерелами іонізуючого випромінювання, постає проблема організації практичного навчання студентів — медичних фізиків. Першим кроком до її розв'язання було укладання у 2012 році Меморандуму між Київським національним університетом імені Тараса Шевченка та Національною академією медичних наук України про співпрацю, партнерство та взаємодію у різних галузях науки, освіти та інноваційної діяльності. Серед багатьох напрямів співпраці зазначені: підготовка фахівців з медичної фізики, радіології та радіаційної безпеки; вироблення рекомендацій щодо оптимізації державних освітніх стандартів, навчальних планів і програм з метою забезпечення органічного поєднання фундаментальної

й спеціальної підготовки фахівців з медичної фізики та радіаційної безпеки; організація на базі Навчально-наукового центру радіаційної безпеки Київського національного університету імені Тараса Шевченка курсів підвищення кваліфікації фахівців з медичної фізики (як вітчизняних, так і пострадянського простору).

У рамках дії Меморандуму, Навчально-науковим центром радіаційної безпеки університету спільно з ДУ «Інститут ядерної медицини та променевої діагностики НАМН України» та НВО «Телеоптик» розроблено та запропоновано практичний курс навчання медичних фізиків з використанням самозахисних навчально-дослідницьких цифрових рентгенівських модельних установок на основі мікрофокусних генераторів та багатосенсорних цифрових приймачів (рис. 1).

Ці установки розроблені з урахуванням сучасних вимог щодо захисту працівника від рентгенівського опромінення та з визначеним дозовим навантаженням, що не перевищує ліміту ефективної дози для осіб категорії «В» — 1 мЗв на рік відповідно до п. 5.1.4 НРБУ-97. Цифрову рентгенівську систему вмонтовано в захисний рентгенівський бокс із свинцевою обшивкою 2 мм завтовшки, що й забезпечує захист працюючого спеціаліста від рентгенівського опромінення. Установка має дистанційне комп'ютерне керування по мережі Інтернет або Інтранет та є роботизованою, що дає змогу організувати дистанційне навчання студентів без обов'язкової присутності їх у самому приміщенні, де розташовано установку. Вони можуть у цей час перебувати в іншому віддаленому приміщенні, у зручних та безпечних умовах. Але в будь-якому разі всі дослідження мають проводитися при замкнених дверцятах рентгенівського захисного боксу. Отримані дані зберігаються в цифровому вигляді в базі даних та передаються по мережі Інтернет. Дуже важливо, що навчально-дослідницька цифрова рентгенівська модельна установка може використовуватися не тільки в навчальному процесі, але й у дослідженнях з актуальних наукових проблем для формування бази розробок у галузі високих технологій.

Студентам — медичним фізикам також пропонується спеціалізоване сучасне програмне забезпечення, за допомогою якого провадиться повноцінний тренінг з отримання зображення при заданих параметрах з широкими можливостями його подальшої обробки, наприклад з підвищенням візуального контрасту.

Використання навчально-дослідницької цифрової рентгенівської установки у практичному навчальному процесі дає змогу студентам виконувати різноманітні завдання, а саме:

- вимірювати пропускну здатність, поглинання та розсіювання рентгенівських променів об'єктами, роздільну здатність, динамічний діапазон та квантову ефективність виявлення рентгенівської системи, контрасти та рівні шумів на рентгенівських зображеннях тест-об'єктів;

- розв'язувати задачі з автоматичного виявлення та розпізнавання об'єктів;

- накопичувати аксіальні проекції, розраховувати томографічні зрізи та будувати тривимірні образи.

Для постановки більшості дослідницьких завдань вимірювання пропускання, поглинання та розсіювання рентгенівських променів фантомами достатньо забезпечити точність вимірів $\pm 3\%$ на отриманому зображенні. Для цього, використовуючи ідеальний рентгенівський приймач, належить отримати співвідношення сигнал/шум приблизно 30...35, враховуючи щільність потоку рентгенівських

фотонів 64000 мм^2 в площині ідеального приймача. Така кількість рентгенівських фотонів потрапляє на типовий приймач при значеннях анодної напруги на рентгенівській трубці 70 кВ і поверхневої дози 0,21 мР.

У приймачах з квантовою ефективністю виявлення (0,1...0,2) на середніх просторових частотах поверхнева доза в площині приймача має бути не меншою, ніж 1...2 мР. З урахуванням 10...20 % пропускання рентгенівського фантома експозиційна доза, перерахована в площині приймача, має бути не меншою за 10...20 мР [11]. Саме таку величину дає змогу отримати мікрофокусний рентгенівський генератор потужністю 10...20 Вт. Цей генератор може використовуватися також для визначення фазового контрасту в рентгенівських системах та реалізації рентгенівського збільшення зображень.

Висновок

Перспективним напрямом в організації на сучасному рівні практичного навчання студентів — медичних фізиків у вищих навчальних закладах України, з урахуванням національних та міжнародних вимог щодо дотримання радіаційної безпеки і санітарно-гігієнічних норм [12], є впровадження інноваційних автоматизованих навчально-дослідницьких цифрових рентгенівських модельних установок. За їх допомогою уможливується реалізація широкої низки тренінгових різнопланових задач і, що надзвичайно важливо, із забезпеченням захисту працюючих (як викладачів, так і студентів). Подібні автоматизовані пристрої найближчим часом можуть бути використані у розробці дистанційної on-line навчальної лабораторії.

Список використаної літератури

1. EC Directive 1997/43/Euroatom of 30 June 1997 on health protection of individuals against the dangers of ionizing radiation in relation to medical exposure // Official Journal. — 1997. — Vol. L 180. — P. 0022—0027.

2. *Podgorsak E. B.* Radiation Physics for Medical Physicist. — Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. — 745 p.

3. *Aslamova L. I.* The possibilities of contrast digital improvement in chest screening imaging / L. I. Aslamova, N. V. Melenevska, S. I. Mirishnichenko et al. // Medical Physics in the Baltic States: proceedings of the 10th International Conference on Medical Physics, Kaunas, Lithuania, 8—10 November / Kaunas University of Technology. Kaunas: Technologija. — 2012. — P. 139—142.

4. *Vassileva J.* A phantom approach to find the optimal technical parameters for plain chest radiography/ J. Vassileva // The British Journal of Radiology. — 2004. — Vol. 22. — P. 648—653.

5. *Hudson J. N.* Computer-aided learning in the real world of medical education: does the quality of interaction with the computer affect student learning? / J. N. Hudson // Medical Education. — 2004. — Vol. 38, № 8. — P. 887—895.

6. *Greenhalgh T.* Computer assisted learning in undergraduate medical education / T. Greenhalgh // BMJ. — 2001. — Vol. 322. — P. 40—44.

7. *Hanus J.* On-line integration of computer controlled diagnostic devices and medical information systems in undergraduate medical physics education for physicians / J. Hanus, T. Nosek, J. Zahora et. Al // Physica Medica (European Journal of Medical Physics). — 2013. — Vol. 29. — P. 83—90.

8. *Асламова Л. І.* Міжнародний досвід підготовки фахівців з медичної фізики / Л. І. Асламова // Ядерна та радіаційна безпека. — 2012. — Т. 1, № 53. — P. 74—78.

9. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): Державні гігієнічні нормативи, 6.6.1.-6.5.001. — К., 1998. — 98 с.

10. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards: Safety Standards Series № GSR Part 3 (Interim) // Vienna: IAEA, 2011. — 144 p.

11. *Мазуров А. И.* Возможности и ограничения микрофокусной рентгенографии в медицине / А. И. Мазуров, Н. Н. Потрахов // Биотехносфера. — 2010. — № 4/10. — С. 20—23.

12. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України : Радіаційна гігієна : Державні санітарні правила 6.177-2005-09-02. — К., 2005. — 74 с.

Отримано 13.02.2013.