

ріст яких наближалися до розмірів стандартного людини (70 ± 5 кг, 170 ± 10 см).

У таблиці наведено результати вимірювань вхідних поверхневих доз на пацієнтах та дані статистичного аналізу розподілів цього показника за кожним видом рентгенодіагностичного дослідження, які вивчалися.

Як видно з таблиці, значення вхідних поверхневих доз варіювали у широкому діапазоні, при цьому різниця максимальних та мінімальних доз досягала 50–250 разів залежно від виду рентгенодіагностичного дослідження.

Найвищі значення вхідних поверхневих доз зафіксовано при проведенні рентгенографії грудного відділу хребта (ГВХ) та поперекового відділу хребта (ПВХ) як у передньозадній, так і у бічній проєкціях. Максимальні значення вхідних поверхневих доз при рентгенографії ГВХ сягали 122–125 мГр, при середніх значеннях ВДП — $(13,3 \pm 1,6)$ мГр — для передньозадньої проєкції та $(20,0 \pm 2,7)$ мГр — для бічної проєкції. При рентгенографії ПВХ максимальні дози сягали — 106–132 мГр, при середніх значеннях — $(14,4 \pm 0,9)$ мГр (передньозадня проєкція) і $(36,5 \pm 1,7)$ мГр (бічна проєкція).

На підставі аналізу розподілу ВДП для кожного виду рентгеновського дослідження встановлені треті квартилі розподілів, які згідно з рекомендаціями МКРЗ та МАГАТЕ можуть бути прийнятими за діагностичні рекомендовані рівні. Було з'ясовано отримані рекомендовані рівні на основі проведених вимірювань ВДП на 80 рентгеновських апаратах медичних закладів з чисельними значеннями діагностичних рекомендованих рівнів, введених у Основних міжнародних стандартах МАГАТЕ (див. таблицю). Встановлено, що для більшості видів рентгеновських досліджень значення третіх квартилів практично в 2 рази вище, ніж значення ДРР, прийняті міжнародними стандартами МАГАТЕ [3].

Таким чином, за результатами проведених досліджень встановлено, що в ряді діагностичних кабінетів має місце значне необгрунтоване опромінення пацієнтів при проведенні рентгенографічних досліджень, окремі значення ВДП в десятки разів перевищували його середні значення з вивченого виду дослідження.

Подальша оптимізація радіаційного захисту пацієнтів при медичному діагностичному опроміненні має бути направлена на мінімізацію дозових навантажень пацієнтів без погіршення діагностичної інформативності отримуваних зображень, що можливо при розробці та впровадженні програми контролю якості проведення діагностичних досліджень. Така програма має передбачати контроль технічного стану та основних дозоформуючих параметрів рентгеновських апаратів, вивчення та оптимізацію методології проведення досліджень, контроль якості діагностичних зображень та контроль доз опромінення стандартних пацієнтів і зіставлення середніх значень з встановленими ДРР.

Рекомендовані діагностичні рівні мають регулярно переглядатися на основі повторних вимірювань доз пацієнтів стандартних розмірів після виконання всіх заходів для забезпечення контролю якості проведення рентгенодіагностичних досліджень та зниження рівнів опромінення пацієнтів.

Література

1. ICRP. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 60. // *Ann. ICRP* 1990. – Vol. 21, № 13.
2. ICRP. *Radiological protection in medicine*. ICRP Publication 73. // *Ann. ICRP* 1996. – Vol. 26, № 2.
3. IAEA. *International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources*. Safety Series 115, STI/PUB/996.

International Atomic Energy Agency. – Vienna, Austria, 1996.

4. *European Commission. Council Directive 97/43/EURATOM of on Health Protection Of Individuals Against The Dangers Of Ionizing Radiation In Relation To Medical Exposures // Official J. of the EC*. – 1997. – L.180, Vol. 22.
5. *European Commission. Radiation Protection 109: Guidance on Diagnostic Reference Levels (DRLs) for Medical Exposures*. – Luxembourg, 1999.
6. *European Commission. European Guidelines on Quality for Diagnostic Radiographic Images, EUR 16260 EN. European Communities*. – Luxembourg, 1996.
7. *European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics*. – Rep. EUR 16261, 1996.
8. *European Guidelines on Quality Criteria for Computed Tomography*. – Rep. EUR 16262, 1997.
9. *European Protocol on Dosimetry in Mammography*. – Rep. EUR 16263, 1996.
10. *European Guidelines for Quality Assurance in Mammography Screening*, 1996.
11. *Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи ДГН 6.6.1.-6.5.001-98*.

І.П. Пінчук, В.А. Калініченко

Харківська обласна СЕС,

ННЦ «Інститут метрології», Харків

Досвід проведення перевірки рентгенодіагностичних апаратів лікувально-профілактичних закладів та засобів індивідуального захисту на відповідність вимогам Держстандарту на прикладі Харківської області

The experience of x-ray units control at treatment-and-prevention establishments and means of individual protection for correspondence to requirements of State Standard by an example of Kharkiv region

Summary. As it was determined by the control of the specialists of State Sanitary and Epidemiology Station of the region, Eastern State Inspection on Radiation Safety of Ukraine, 75% of x-ray equipment in Ukraine works longer than the warranted expiry date (10 years), therefore the control of dose-forming parameters is urgent. The performed work proved the necessity of taking out of operation of x-ray units which do not meet the requirements of State Standard and their replacement by modern digital low-dose equipment if modernization is not possible.

Key words: x-ray equipment, dose-forming parameters, radiation protection.

Резюме. Как установил контроль специалистов Госсанэпидстанции области, Восточной государственной инспекции радиационной безопасности Украины, 75 % рентгеновского оборудования Украины функционируют больше гарантированного срока использования (10 лет). Авторы указывают на необходимость контроля дозоформирующих параметров. Проведенная работа подтвердила необходимость выведения из эксплуатации рентгеновских аппаратов, которые не соответствуют требованиям Госстандарта с заменой их на современное цифровое малодозовое оборудование, если не возможна модернизация.

Ключевые слова: рентгеновское оборудование, дозоформирующие параметры, радиационная защита.

Ключові слова: рентгеновське обладнання, дозоформувальні параметри, радіаційний захист.

Згідно з п.20.17 «Основних санітарних правил забезпечення радіаційної безпеки України» (ДСП 6.177-2005-09-02) для рентгенодіагностичних досліджень має використовуватися апаратура, яка відповідає вимогам Державних стандартів. Застосування апаратури, яка не пройшла перевірки за умовами радіаційної безпеки після ремонту або з якихось технічних змін, мусить бути заборонено.

З урахуванням того, що 75% рентгенообладнання Харківської області експлуатується більше паспортного терміну використання (10 років), проведення контролю дозоформувальних параметрів рентгеновських апаратів у лікувально-профілактичних закладах (ЛПЗ) є актуальним.

Перевірку рентгенообладнання на відповідність вимогам Держстандарту виконує ТОВ «Точні системи, ЛТД», Харків, атестоване ДП «Харківський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації» на проведення цих робіт (Свідоцтво про атестацію № 100-2882/2008 від 02.06.2008 р. терміном дії до 01.07.2011 р.).

Рентгеновські апарати проходили контроль стабільності параметрів випромінювання на відповідність ГОСТ-26140-84 «Аппараты рентгеновские медицинские. Общие технические условия», визначення радіаційного виходу та дозоформувальних параметрів рентгенотехніки.

Випробування проводились у відповідності до методик, розроблених ТОВ «Точні системи, ЛТД» та атестованих ННЦ «Інститут метрології», МВІ:

«Контроль стабільності параметрів излучения рентгеновских аппаратов дозиметром рентгеновским цифровым ДРЦ-01». Свідоцтво про атестацію №7-21-05;

«Определение радиационного выхода рентгеновских излучателей медицинских рентгенодиагностических аппаратов». Свідоцтво про атестацію №7-100-2009;

«Измерение мощности амбиентной эквивалентной дозы рентгеновского излучения при исследовании защитных свойств рентгеновских аппаратов дозиметром ДКС-АТ1123». Свідоцтво про атестацію №7-20-05.

Перевірка рентгенообладнання на відповідність вимогам Держстандарту здійснювалася ЛПЗ на вимогу фахівців держсанепідслужби Харківської області та Східної державної інспекції з ядерної та радіаційної безпеки ДКЯР України.

За період з 2008 по 2010 рік проведено контроль близько 95% із 600 одиниць рентгенообладнання з терміном використання понад 10 років в ЛПЗ у Харківській області та близько 30 — на території Полтавської та Сумської областей.

Виявлено 5 рентгенапаратів, які не відповідали вимогам п.1.6.7.9 ГОСТ 26140-84 «Аппараты рентгеновские медицинские. Общие технические условия» за показниками стабільності випромінювання та перевищення дози на пацієнта. Це обладнання було заборонено до експлуатації відповідними постановами головних державних санітарних лікарів.

Ще близько 30% рентгенообладнання не відповідало вимогам методичних рекомендацій «Контроль дозоформувальних параметрів рентгенодіагностичних апаратів», розроблених ІМР ім. С.П. Григор'єва АМН України та затверджених МОЗ України у 2006 році, за показниками розрахованих коефіцієнтів варіації дозоформувальних параметрів рентгеновських апаратів.

Дозиметром рентгеновським клінічним ДРК-1 проводилось вимірювання потужності поглинутої дози рентгеновського випромінювання в кабінах флюорографів на місці розташування пацієнта. В окремих кабінах флюорографічних апаратів типу 12Ф7 рівні рентгеновського випромінювання досягали 40 мЗв/год. Результати вимірювань, наведені в табл. 1, показали, що рівень поглинутої дози рентге-

Таблиця 1

Результати вимірювань параметрів рентгеновських апаратів, наявних у Харкові

| Анодні | | Поглинута доза D, мГр (середнє значення з 5 вимірювань) | Радіаційний вихід X, МР/МА·с X = D/I | Добуток дози на площу, Гр·см ² |
|-----------------------------|----------------------------|---|--------------------------------------|---|
| напруга U _a , кВ | струм I _a , мАс | | | |
| ЛПЗ № 1 | | | | |
| 75 | 60 | 4,63 | 8,79 | 0,956 |
| 100 | 60 | 8,69 | 9,91 | 1,195 |
| ЛПЗ № 2 | | | | |
| 100 | 40 | 7,15 | 20,39 | 1,477 |
| 100 | 60 | 10,88 | 20,67 | 2,246 |
| ЛПЗ № 3 | | | | |
| 90 | 25 | 8,14 | 37,11 | 1,680 |
| 90 | 40 | 13,05 | 37,19 | 2,694 |
| 90 | 100 | 40,32 | — | 8,324 |
| Середній показник для 12Ф7 | | | | |
| 70 | 40 | 2,28 | — | — |
| 80 | 40 | 2,92 | — | — |
| 90 | 40 | 3,41 | — | — |

Таблиця 2

Порівняння результатів вимірювань на плівкових та цифрових рентгенапаратах

| Анодні | | Експозиція, с | Поглинута доза D, мГр (середнє значення з 5 вимірювань) |
|-----------------------------|----------------------------|---------------|---|
| напруга U _a , кВ | струм I _a , мАс | | |
| РД-50 «Индиарс» | | | |
| 90 | 60 | 0,07 | 0,23 |
| 90 | 60 | 0,09 | 0,28 |
| 90 | 60 | 0,12 | 0,37 |
| 12Ф7 | | | |
| 70 | 40 | — | 2,28 |
| 80 | 40 | — | 2,92 |
| 90 | 40 | — | 3,41 |

нівського випромінювання в кабіні 12Ф7 при аналогічних режимах експлуатації апарата в окремих ЛПЗ у 2,5–3,8 разу перевищує середній показник зареєстрованої дози на цьому типі апаратів.

Крім цього, поглинута доза випромінювання при експлуатації старих плівкових рентгенапаратів істотно відрізняється від зареєстрованих на сучасному цифровому рентгенообладнанні, як мінімум на порядок (табл. 2).

Окремо треба сказати про рентгеновські апарати, що можуть пройти модернізацію (заміна підсилюючого екрана, використання «зеленої» плівки і т.ін.). Доза на пацієнта у таких апаратів не більша, а часто навіть менша, ніж у «малодозових», особливо китайського виробництва або невідомого виробників (табл. 3).

Це лише підкреслює думку, що кожен апарат необхідно індивідуально перевіряти на відповідність нормативній документації та на «малодозовість».

Таблиця 3
Порівняння результатів вимірювань
на рентгенівських апаратах
після їх модернізації

| Анодні | | Експозиція, с | Поглинута доза D, мГр з 5 вимірювань |
|-----------------------------|---------------------|---------------|---|
| напруга $U_a, \text{кВ}$ | струм $I_a,$ мАс | | |
| Integron | | | |
| 57 | 63 | 0,32 | 0,88 |
| 57 | 100 | 0,32 | 1,43 |
| 57 | 160 | 0,32 | 2,22 |
| РУМ-20 | | | |
| 57 | 60 | 0,32 | 0,39 |
| 57 | 100 | 0,32 | 0,77 |
| 57 | 150 | 0,32 | 1,27 |
| АРД-2 | | | |
| 63 | 60 | 0,32 | 0,37 |
| 76 | 60 | 0,32 | 0,8 |
| 83 | 60 | 0,32 | 1,09 |

Згідно з розділом 4 ДСанПіН 6.6.3-180-2007 «Гігієнічні вимоги до влаштування та експлуатації рентгенівських кабінетів і проведення рентгенологічних процедур» ТОВ «Точні системи, ЛТД», відповідно до методики «Вимірювання свинцевого еквівалента захисних матеріалів і засобів захисту від іонізуючих випромінювань» (свідоцтво № 7-24-08), проводився контроль ефективності пересувних та індивідуальних засобів іонізуючого захисту (ЗІЗ). Переважна більшість ЗІЗ мала необхідне значення свинцевого еквівалента і була визнана придатною до використання. Близько 50 одиниць ЗІЗ старого зразка (3% від загальної кількості перевірених) не відповідали чинним вимогам та визнані непридатними, хоча візуально переважна більшість з них не мала механічних пошкоджень.

Було рекомендовано замінити застарілий захисний матеріал, що містить свинець, на новий, виготовлений із захисного вінілу іншого складу (фірм «Оніко», «Крас» та інших).

Таким чином, проведена робота підтвердила необхідність виявлення та виведення з експлуатації медичного рентгенообладнання, яке не відповідає вимогам Держстандарту, а також заміни його на сучасну цифрову малодозову рентгенотехніку (якщо неможлива модернізація). Отримані результати вимірювання поглинutoї дози та, очевидно, і розрахунок ефективної дози з великою вірогідністю можуть не збігатися з величинами, рекомендованими МОЗ України для оцінки дозових навантажень на населення згідно з наказом МОЗ України № 295 від 18.07.2001 р., що свідчить про необхідність внесення в наказ відповідних коректив залежно від типу апарата. Ефективність використання індивідуальних засобів радіаційного захисту об'єктивно оцінюється лише за визначенням свинцевого еквівалента, незалежно від візуальної оцінки їх стану.

А.І. Севальнев, М.І. Костенецький,
Л.Т. Лемешко

ДУ «Запорізька обласна санітарно-епідеміологічна станція»

Оцінка радіаційного ризику смертності від медичного опромінення

Assessment of radiation risk of mortality due to medical exposure

Summary. The risk of long-term negative effects is the main index of negative influence of patient medical exposure. The risk to the health due to medical exposure was calculated for the population of Zaporizhzhia region. It was established that the coefficient of possible death of the population in the region due to this cause makes 0.05–0.06 per one thousand, which is considerably lower than the minimal one according to the generally accepted scale.

Key words: radiation risk, damage to the health, medical exposure.

Резюме. Основним показателем негативного впливу медичного облучення пацієнтів є ризик виникнення його віддалених негативних ефектів. Рассчитан ризик здоров'ю населення Запорізької області від медичного облучення. Установлено, що коефіцієнт можливої смертності населення області по цій причині становить 0,05–0,06 на тисячу населення, що значительно нижче мінімального по об'єктивній шкалі.

Ключевые слова: радиационный риск, ущерб здоровью, медицинское облучение.

Ключові слова: радіаційний ризик, шкода здоров'ю, медичне опромінення.

Заданими Наукового комітету ООН з дії атомної радіації (НКДАР), медичне діагностичне опромінення з усіх його видів складає 0,4 мЗв/рік, тобто 7,7% сумарної дози опромінення населення земної кулі [1] від усіх джерел опромінення людини [2]. В Україні ця доза дорівнює 0,5 мЗв/рік, тобто 13% сумарної дози.

Зазначимо, що частка медичного опромінення в загальній дозі опромінення з кожним роком зростає. Так, у 2006 році воно склало приблизно половину від загальної дози опромінення населення США, в основному за рахунок активного застосування рентгенівської комп'ютерної томографії [3]. Отже оцінка радіаційного ризику від медичного опромінення населення є досить актуальною.

Основним показником шкоди здоров'ю людини від впливу іонізуючого випромінювання є ризик виникнення стохастичних (ймовірних) і соматичних (детермінованих) ефектів у опроміненіх індивідуумів.

Якщо казати про медичне опромінення, то для пацієнтів воно є джерелом виникнення головним чином стохастичних ефектів, тобто смертельних захворювань на рак і генетичних змін.

Для оцінки ступеня ризику опромінення населення Публікація № 103 Міжнародної комісії з радіаційного захисту пропонує як коефіцієнт ризику опромінення використовувати величину $5,7 \cdot 10^{-2}$ випадків смертельного раку і генетичних захворювань при опроміненні 1000 людей дозою 1 Зв [4].

Ризик виникнення можливих випадків смерті від злоякісних пухлин і важких генетичних захворювань унаслідок опромінення (A) розраховують за формулою

$$A = KS,$$

де K — коефіцієнт ризику ($5,7 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Зв}^{-1}$);

S — річна колективна ефективна доза від опромінення, люд.-Зв.