

Ю.М. Коваленко

Національна медична академія післядипломної освіти ім. П.Л. Шупика, Київ

## Поточний контроль вихідних параметрів цифрового рентгенодіагностичного обладнання як важлива складова гарантії якості рентгенологічних досліджень

### Current control of output parameters of digital x-ray equipment as an important component of x-ray examination quality assurance

**Summary.** The paper defines the conditions of viability and effectiveness of the system to control digital x-ray equipment. It is shown that it is unreal to create a control system, similar to existing in European countries in the absence of regulations, qualified engineering personnel and financial resources for maintenance of this equipment. A possibility of gradual introduction to radiology practice of current control of digital image quality with test phantoms and periodic monitoring of equivalent dose in the plane of the digital detector to estimate radiation exposure to the patient is justified.

**Key words:** digital x-ray equipment, control system, image quality, current control, the test phantom, a periodic measurement control, the equivalent dose, dosimeter.

**Резюме.** В работе определены условия жизнеспособности и эффективности системы контроля цифрового рентгеновского оборудования. Показано, что при отсутствии нормативных документов, квалифицированных инженерных кадров и средств на обслуживание этого оборудования создание системы его контроля, аналогичной существующей в европейских странах, нереально. Обоснована возможность постепенного внедрения в радиологическую практику текущего контроля качества изображения цифровых рентгеновских аппаратов с помощью тест-фантомов и периодического измерительного контроля с помощью дозиметра эквивалентной дозы в плоскости цифрового детектора для оценки лучевой нагрузки на пациента.

**Ключевые слова:** цифровое рентгеновское оборудование, система контроля, качество изображения, текущий контроль, тест-фантом, периодический измерительный контроль, эквивалентная доза, дозиметр.

**Ключові слова:** цифрове рентгеновське обладнання, система контролю, якість зображення, поточний контроль, тест-фантом, періодичний вимірювальний контроль, еквівалентна доза, дозиметр.

Однією зі складових гарантії якості рентгенодіагностичного процесу є забезпечення працездатного стану рентгеновського обладнання. Для вирішення цього питання необхідне проведення контролю технічного стану апаратури. Технічне обслуговування передбачене Основними санітарними правилами забезпечення радіаційної безпеки України [1]. Але фактом є те, що для більшої частини рентгеновського обладнання контроль працездатності проводиться нерегулярно. Метою роботи є обґрунтування структури системи контролю технічного стану цифрового рентгеновського обладнання, життєздатної в умовах відсутності фінансування обслуговування медичної техніки.

В роботі використовуються вітчизняні та міжнародні нормативні документи, в яких йдеться про контроль технічного стану рентгеновського обладнання, а також дані про експлуатацію понад 600 цифрових рентгеновських систем, матеріали про результати контролю технічного стану цифрового рентгеновського обладнання, отримані під час технічного обслуговування та інспекційних перевірок.

Порядок проведення контролю технічного стану рентгеновського обладнання визначається, з одного боку,

інструкцією з його експлуатації, а з іншого, — державними нормативними документами. Як правило, вони визначають перелік параметрів, які необхідно контролювати, та періодичність перевірок. У Росії, наприклад, такими документами є державні стандарти, у Швеції — регулюючі акти державного управління радіаційної безпеки. Всі вони враховують вимоги міжнародних документів, зокрема таких організацій, як Міжнародна агенція з атомної енергетики (МАГАТЕ), Міжнародна комісія з радіаційного захисту (МКРЗ), Міжнародна електротехнічна комісія (МЕК), Європейська комісія з радіаційного захисту та інших. В Україні нормативна база з контролю технічного стану рентгеновського обладнання донині не розроблена, а тому на практиці спеціалісти змушені у своїй роботі керуватися або експлуатаційною документацією на апаратуру, або застарілими стандартами колишнього СРСР [2–5].

Нормативні документи визначають 3 основних види контролю технічного стану обладнання:

контроль обладнання при введенні його в експлуатацію; періодичний контроль; поточний контроль.

Контроль технічного стану обладнання при введенні його в експлуатацію необхідний для визначення точки відліку, тобто оцінки первинного стану обладнання, відносно якого в подальшому буде визначатися його сталість при проведенні періодичного та поточного контролю.

Перші два види контролю відрізняються поглибленою перевіркою та залученням відповідно підготовлених спеціалістів, а також більшою кількістю засобів контролю. Ці види контролю передбачають перевірку значної кількості параметрів обладнання. Але відомо, що параметричний контроль є малоефективним через відсутність для переважної більшості параметрів прямих зв'язків їх вимірних значень з цільовим призначенням обладнання, що перевіряється. До того ж цей метод дуже високовартісний.

Поточний контроль виконується персоналом рентгеновських відділень з метою визначення придатності обладнання до роботи. На жаль, існуюча методика поточного контролю рентгеновського обладнання не дозволяє об'єктивно оцінити, чи забезпечує воно потрібний рівень якості рентгенологічних досліджень, тобто отримання необхідної для діагностики якості зображень при неперевіренні встановлених допустимих рівнів опромінення пацієнта.

Перші два види контролю, про які йшлося вище, не можуть сьогодні проводитися через відсутність методик перевірок більшості параметрів цифрового рентгеновського обладнання (у 80-х роках минулого сторіччя його просто ще не було створено) та засобів контролю для їх виконання, дуже малою кількістю спеціалістів у країні, які можуть проводити такі перевірки, а також через відсутність фінансування обслуговування медичного обладнання взагалі та, зокрема, рентгеновської апаратури.

Життєздатна система контролю технічного стану цифрового рентгеновського обладнання має бути простою і мусить спиратися на наявні сили та засоби. Параметри, які перевіряються, мають прямо визначати можливість використання апаратури за призначенням. Термін перебування обладнання у непрацездатному стані повинен бути мінімальним.

Таким умовам цілком задовольняє факт, коли стан обладнання перевіряє персонал рентгеновського кабінету. Вихідними параметрами рентгеновської апаратури, які визначають її ефективність, вважаються якість отриманого діагностичного зображення та еквівалентна доза опромінення пацієнта (експозиційна доза у площині цифрового приймача). У німецькому стандарті з контролю цифрових

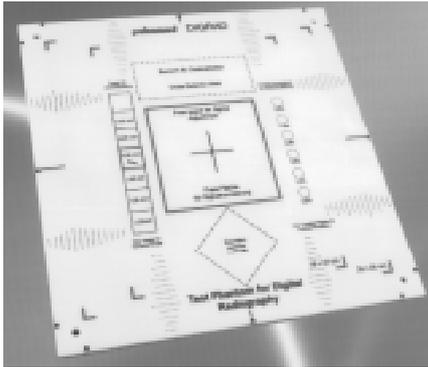


Рис. 1. Тест-фантом для цифрової рентгенографії



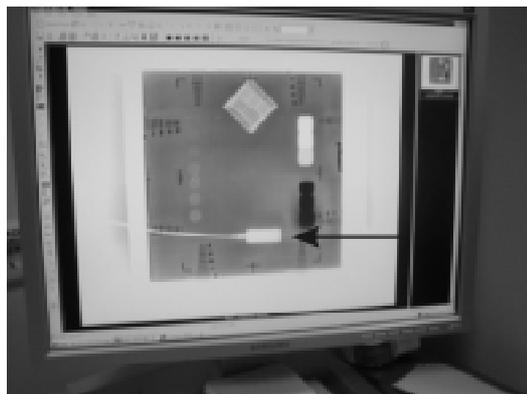
Рис. 2. Вимірювач добутку дози на площу (DAP-meter)



Рис. 3. Прилад для контролю якості моніторів та негатоскопів



а



б

Рис. 4. Перевірка технічного стану цифрового рентгенодіагностичного комплексу з використанням тест-фантома та клінічного дозиметра: а — стрілкою показаний тест-фантом; б — стрілкою показане рентгеновське зображення датчика клінічного дозиметра

рентгенографічних систем [6] передбачено перевірку таких параметрів:

- збіг світлового і рентгенівського полів;
- розрізнення;
- контраст;
- наявність артефактів;
- вхідна доза;
- оптична густина;
- яскравість.

Перші чотири з них характеризують якість зображення і їх можна одночасно перевірити за допомогою спеціального фантома, один з варіантів якого наведено на рис. 1. Для перевірки вхідної дози потрібен або клінічний дозиметр, або вимірювач добутку дози на площу (рис. 2). Останні 2 параметри визначають якість відтворення цифрового рентгенівського зображення монітором і для їх контролю потрібен ще спеціальний прилад для контролю якості зображень на моніторах та негатоскопах (рис. 3).

Контроль цих параметрів є надлишковим, оскільки монітор входить до загального ланцюга отримання цифрового рентгенівського зображення, тому при перевірці цифрової рентгенографічної системи опосередковано вони теж контролюються.

Таким чином, основними вихідними параметрами цифрового рентгенівського обладнання визнано **якість діагностичного зображення**, яка оцінюється за допомогою чотирьох допоміжних параметрів, про які йшлося вище і які одночасно перевіряються за допомогою тест-фантома, та **еквівалентна або експозиційна доза в площині цифрового приймача**, яка вимірюється за допомогою клінічного дозиметра або вимірювача добутку дози на площу.

Якщо на етапі введення обладнання в експлуатацію за допомогою дозиметра встановити в площині приймача мінімальне значення вхідної дози (наприклад, 10,0 мкЗв) і зафіксувати експозицію, яка їй відповідає, то в подальшому поточний контроль апаратури слід проводити саме при таких значеннях анодної напруги, струмтрубки та часу експозиції. В цьому випадку достатньо мати у рентгенівському кабінеті тільки тест-фантом.

Оскільки поточний контроль виконується щоденно, це дозволяє мінімізувати час використання несправного обладнання.

Таким чином, система контролю цифрового рентгенографічного обладнання, яка пропонується для впровадження у клінічну практику, передбачає 3 основні процедури:

визначення опорного стану апаратури на етапі введення її в експлуатацію та експозиції, на якій буде виконуватися поточний контроль;

поточний контроль сталості опорного стану; періодична перевірка відповідності вибраної експозиції встановленій вхідній дозі.

Дана система контролю передбачає наявність у рентгенологічному відділенні тільки атестованого тест-фантома (він може, наприклад, поставлятися разом з цифровим рентгенологічним обладнанням), а у постачальників обладнання, сервісних підприємств та контролюючих установ — додатково клінічного дозиметра, який проходить періодичну метрологічну перевірку. Така система мінімізує потрібну кількість засобів контролю і витрат на їх метрологічне забезпечення.

На рис. 4а показана перевірка цифрового рентгенодіагностичного комплексу з використанням тест-фантома та клінічного дозиметра. На контрольному цифровому зображенні, яке відтворюється на екрані монітору (рис. 4б), стрілкою вказане зображення датчика клінічного дозиметра, за допомогою якого встановлюється потрібне значення вхідної дози в площині приймача.

Таким чином, контроль технічного стану рентгенологічного обладнання є важливою складовою системи забезпечення якості рентгенологічних досліджень, проте його ефективне використання можливе лише за наявності відповідної нормативної бази, розроблених методик контролю параметрів, відповідних засобів контролю, підготовленого персоналу рентгенологічного відділення, а також професійної інженерно-технічної підтримки сервісного підприємства, з яким укладено договір на технічне обслуговування апаратури.

Запропонована система контролю цифрових рентгенографічних систем за показниками якості, основою якої є поточний контроль вихідних параметрів обладнання, найбільш прийнятна в умовах дефіциту фінансових ресурсів, оскільки мінімізує витрати на закупівлю та експлуатацію засобів контролю, не потребує високої кваліфікації персоналу, а також скорочує час, необхідний для перевірки апаратури.

## Література

1. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України. ДСП 6.177-2005-09-02. — К., 2005.
2. ГОСТ 26140-84. Аппараты рентгеновские медицинские. Общие технические условия. — М.: Изд-во стандартов, 1984. — 24 с.
3. ГОСТ 12.2.018-76. Система стандартов безопасности труда. Аппараты рентгеновские. Общие требования безопасности. — М.: Изд-во стандартов, 1981. — 18 с.
4. ГОСТ 22091.12-84, ГОСТ 22091.13-84. Приборы рентгеновские. Методы измерения параметров. — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 6 с.
5. ГОСТ 23256-86. Изделия медицинской техники. Требования к надежности и методы испытаний. — М.: Изд-во стандартов, 1986. — 17 с.
6. DIN 6868-13. Sicherung der Bildqualität in röntgendiagnostischen Betrieben—Teil 13' Konstanzprüfung bei Projektionsradiographie mit digitalen Bildempfänger-Systemen; Februar 2003.

Ю.М. Коваленко

*Національна медична академія післядипломної освіти ім. П.Л. Шупика, Київ*

## Роль цифрових технологій у зменшенні променевого навантаження на пацієнтів при проведенні рентгенологічних досліджень

### The role of digital technologies in reduction of patient radiation loads during x-ray examinations

**Summary.** The paper discusses the ways to reduce radiation exposure on patients using digital technology of x-ray images at chest x-ray, radiography and fluoroscopy. It is shown that transition to digital technologies in radiology can potentially decrease 2 times the collective effective dose on the Ukrainian population. The important role of x-ray department staff training of appropriate use of new technologies to realize their potential benefits in practice is shown.

**Key words:** x-ray examinations, chest x-ray, radiography, fluoroscopy, digital technology, patient radiation exposure, collective effective dose.

**Резюме.** Рассмотрены пути снижения лучевой нагрузки на пациента при использовании цифровой технологии визуализации рентгеновских изображений в флюорографии, рентгенографии и рентгеноскопии. Показано, что за счет комплексного перехода к цифровым технологиям в рентгенодиагностике потенциально возможно уменьшение коллективной эффективной дозы для населения Украины практически в 2 раза. Подчеркнута важная роль обучения персонала рентгеновских отделений правильному применению новых технологий с целью реализации их потенциальных преимуществ на практике.

**Ключевые слова:** рентгенологические исследования, флюорография, рентгенография, рентгеноскопия, цифровые технологии, лучевая нагрузка на пациента, коллективная эффективная доза.

**Ключові слова:** рентгенологічні дослідження, флюорографія, рентгенографія, рентгеноскопія, цифрові технології, променеве навантаження на пацієнта, колективна ефективна доза.

Рентгенодіагностика в Україні є основним радіологічним методом: у 82,5 млн радіологічних досліджень її частка складає понад 70% [1]. За літературними даними внесок рентгенологічних досліджень у колективну ефективну дозу для населення країн СНД порівнянний з його природним опроміненням і складає 0,8–1,3 мЗв [2–4]. Метою даної роботи є оцінка потенційного зменшення променевого навантаження на пацієнтів при проведенні рентгенологічних досліджень за рахунок використання сучасних цифрових технологій отримання рентгенологічних зображень, а саме при профілактичних рентгенофлюорографічних дослідженнях, рентгенографії та рентгеноскопії.

У роботі використані статистичні відомості МОЗ України, літературні дані та досвід експлуатації значної кількості цифрових рентгенологічних систем різного призначення.

Серед різних рентгенологічних методів дослідження найбільший внесок у колективну ефективну дозу для населення країни робить плівкова флюорографія: її частка складає понад 30% [2, 3]. Це пов'язано з тим, що, з одного боку, флюорографія є одним з найпоширеніших досліджень: на неї припадає майже 30% всіх радіологічних досліджень у країні, — а з іншого боку, опромінення пацієнта під час цього виду дослідження перевищує референтний рівень для рентгенографії органів грудної клітки (ОГК), наведений у міжнародних стандартах з безпеки