

УДК: 616-073.75+614.212:616-073.75

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Коваленко Ю.Н.¹, Балашов С.В.²¹Национальная медицинская академия последипломного образования им. П.Л. Шупика, г. Киев, Украина;²Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина

В последнее время стали больше говорить о качестве и безопасности рентгенологических исследований. К сожалению, пока это чаще всего остается на уровне разговоров – до практических шагов дело просто не доходит. В данной статье рассматриваются организационно-технические аспекты обеспечения качества и безопасности рентгенодиагностики в практической работе рентгеновских отделений.

Материалы и методы

В работе на основе анализа действующих в Украине нормативных документов, а также имеющегося опыта обслуживания и ремонта рентгеновского оборудования предложены практические шаги в направлении улучшения качества и повышения безопасности рентгенологических исследований.

Обсуждение

Результаты рентгенологических исследований получают в процессе взаимодействия персонала рентгеновских отделений с имеющимся в их распоряжении оборудованием. При этом изначально о качестве и безопасности не имеет смысла говорить, если установленная в рентгеновском кабинете аппаратура по своим техническим характеристикам не может решать стоящие перед медицинским учреждением диагностические задачи. И это касается не только старого рентгеновского оборудования, которое уже не может решать эти задачи в силу своего физического износа. К сожалению, анализ технических характеристик установленных в последние годы в лечебно-профилактических учреждениях новых рентгеновских аппаратов показывает, что они просто не подходят для тех исследований, которые на них пытаются выполнять. Например, мощность питающего устройства недостаточна для проведения полного спектра рентгенографических исследований, а малый размер рабочего поля усилителя рентгеновского излучения (УРИ) не дает возможности рентгенологу нормально проводить рентгеноскопические исследования. Так, для проведения всего спектра рентгенографических исследований необходим максимальный ток анода не меньше 250 мА [1], а у некоторых новых рентгенодиагностических комплексов он не достигает и 150 мА. Ну а проводить рентгеноскопию, используя УРИ с рабочим полем менее

17 см, действительно неудобно, поскольку стандартным считается 9" (девятидюймовое) УРИ с диаметром основного рабочего поля 215 см.

Вопросы рационального переоснащения отделений лучевой диагностики в Украине уже неоднократно обсуждались на страницах журналов Ассоциации радиологов Украины [2-4]. Однако по-прежнему вместо цифровых базовых рентгенографических систем, которые признаны Всемирной Организацией Здравоохранения (ВОЗ) основным оборудованием для рентгенодиагностики [1], медицинским учреждениям продолжают закупать рентгенодиагностические комплексы (РДК) на 2 и 3 рабочих места, телеуправляемые столы-штативы и проявочные машины.

В настоящее время количество рентгенографических исследований почти в 30 раз превышает количество рентгеноскопий, а число линейных томографий, выполняемых в лечебно-профилактических учреждениях, не превышает 200,0 тысяч [4-6]. Оснащение рентгеновских кабинетов телеуправляемыми столами-штативами, которые со временем стали логичной заменой РДК на 3 рабочих места, также во многих случаях не является рациональным: при малом количестве рентгеноскопий выполнение рентгенографических исследований на таком оборудовании эквивалентно поездкам в булочную за хлебом на такси.

Еще несколько слов о проявочных машинах. Да, они действительно позволяют ускорить и стандартизовать процесс обработки рентгеновской пленки и уменьшить лучевую нагрузку на пациента, но при условии наличия хорошо подготовленных и аккуратных в работе рентгенолаборантов. Курсы для рентгенолаборантов, которые были проведены с нашим участием в 6 регионах Украины, а также проводимые аудиты эксплуатации рентгеновского оборудования, свидетельствуют о том, что данное условие очень часто не выполняется. В этом случае медаль поворачивается обратной стороной, т.е. указанные достоинства превращаются в недостатки из-за необходимости проведения повторных рентгеновских исследований. Как правило, в течение дня в рентгеновских кабинетах выполняется не больше 30-40 исследований. С таким объемом работы устройства для ручной обработки пленки успешно справляются, а для проявочных автоматов он явно недостаточный: за один час они обрабатывают более 20 пленок. Цена проявочных

машин в 3-4 раза выше стоимости устройств для ручной обработки рентгеновской пленки. Стоимость их эксплуатации в 2 и более раз выше по сравнению с последними. Поэтому очевидно, что применение проявочных автоматов в наших условиях, как минимум, нерационально. В какой-то степени использование автоматической обработки пленки может быть оправдано в крупных лечебных учреждениях, где на одной проявочной машине обрабатываются пленки из нескольких рентгеновских кабинетов.

Теперь о радиационной безопасности в рентгенодиагностических кабинетах. Еще раз подчеркнем, что ни для персонала, ни для населения рентгенодиагностические аппараты опасности не представляют [7, 8], поскольку источниками ионизирующего излучения они в течение года являются непродолжительное время: рентгенографические аппараты – единицы часов, рентгеноскопические – не более 250 часов (при двухсменной работе). При выполнении рентгенографии в процедурной, кроме пациента и добровольцев, никого быть не должно. При рентгенокопии в процедурной находится еще рентгенолог, но на его рабочем месте в соответствии с Санитарными правилами [9] мощность дозы не должна превышать 13,0 мкЗв/ч, т.е. в течение года за $250 \text{ ч}/2=125 \text{ ч}$ (поскольку врач работает одну смену) он теоретически может получить 1,625 мЗв. Но опять же в соответствии с Санитарными правилами он должен использовать индивидуальные средства защиты, которые уменьшат полученный результат еще в 20-30 раз. Таким образом, реально персонал рентгенодиагностических кабинетов за год получает десятые доли миллизиверта [10].

Конструкцией рентгеновских аппаратов предусмотрена защита излучателя [11], которая проверяется специалистами Укрметртестстандарта сначала на этапе их регистрации, а затем на этапе сертификации поставляемого оборудования. Кроме того, после монтажа рентгеновской аппаратуры в процедурной перед выдачей санитарного паспорта опять же в соответствии с Санитарными правилами [9] специалистами радиологического отдела Санитарно-эпидемиологической службы проводится дозиметрический контроль в рентгеновском кабинете и за его пределами с целью проверки выполнения требований радиационной гигиены, что минимизирует вероятность допуска к работе опасного в радиационном плане для персонала и населения оборудования.

Что касается пациентов, то их радиационная безопасность в первую очередь зависит не от состояния рентгеновского оборудования, а от уровня подготовки персонала рентгеновского кабинета. Если рентгенолог обоснованно назначает рентгенологическое исследование, а рентгенолаборант его выполняет в соответствии с требованиями Санитарных правил и инструкции по эксплуатации рентгеновского аппарата, то пациент получает дозу, которая соответствует имеющимся для него медицинским показаниям. Опять же, выполняя свои функциональные обязанности,

рентгенолаборант проводит текущий контроль технического состояния рентгеновской аппаратуры и, в случае выявления ее неисправности, не проводит исследования и обращается к инженерной службе.

Реальные проблемы с качеством и радиационной безопасностью в рентгенодиагностике связаны с невыполнением персоналом отделений лучевой диагностики требований нормативных документов.

Поэтому теперь мы рассмотрим вопрос, как в реальных условиях можно обеспечить качество и безопасность рентгенологического исследования при условии, что установленное рентгенодиагностическое оборудование по своим техническим характеристикам позволяет решать поставленные диагностические задачи.

С чего надо начинать эксплуатацию рентгеновского оборудования? С проверки его технического состояния. Это так называемый контроль аппаратуры при вводе ее в эксплуатацию [12], который, с одной стороны, позволяет оценить соответствие установленного рентгеновского аппарата заявленным техническим характеристикам, а с другой стороны, определить исходное значение основных параметров оборудования для оценки их изменения при последующих периодических проверках. Правильно приглашать для проведения такого контроля организацию, которая имеет аттестованную Укрметртестстандартом измерительную лабораторию, имеющую право проводить измерение дозоформирующих параметров рентгеновского оборудования, а также представителей сервисного предприятия, с которым для получения санитарного паспорта планируется заключить договор на обслуживание. Это позволит медицинскому учреждению своевременно предъявить поставщику аппаратуры обоснованную претензию в случае выявления несоответствия параметров рентгеновского аппарата требуемым значениям. Например, если он не обеспечивает требуемый диапазон анодных напряжений и токов. И на этом нельзя экономить, потому что оборудование потом придется эксплуатировать много лет.

В последующем контроль дозоформирующих параметров проводится, как правило, один раз в год. Внеплановые проверки параметров оборудования следует проводить после ремонта питающего устройства или замены рентгеновской трубки. Основанием для контроля параметров оборудования может служить ситуация, когда персонал рентгеновского кабинета для получения качественного снимка вынужден устанавливать большие экспозиции. Например, при исследовании органов грудной полости нормального пациента необходимое для получения качественного снимка количество электричества при напряжении 80-90 кВ превышает 10 мАс. При проведении контроля дозоформирующих параметров рентгеновских аппаратов нами неоднократно выявлялись случаи несоответствия выставленных значений анодного напряжения его измеренным значениям. Причины таких несоответствий, которые достигали 20-40 кВ, были разные, в том числе неправильно выполненная

калибровка рентгеновского питающего устройства после замены рентгеновской трубки, выход из строя выпрямительных цепей низкочастотных питающих устройств и др. Результат таких несоответствий – увеличение лучевой нагрузки на пациента.

К сожалению, протоколы измерений дозоформирующих параметров, которые, как правило, предоставляются измерительными лабораториями руководителям медицинских учреждений, содержат только табличные и статические данные, на основании которых не специалисту (например, главному врачу) трудно оценить состояние оборудования и наметить пути улучшения ситуации. А порой в протоколы измерений вносят параметры, которые не несут никакой реальной информации о состоянии рентгеновской аппаратуры. Для примера рассмотрим измерение радиационного выхода рентгеновского излучателя, о необходимости проведения которого постоянно говорят представители Государственной инспекции ядерного регулирования. Диапазон допустимых значений этого параметра — от 1,5 до 21 мР/мАс. В результате измерения получили 4,0 мР/мАс. Хорошо это или плохо никто сказать не может, а поэтому подобная операция у нас лишена всякого смысла. Но ведь кто-то зачем-то измеряет этот параметр? Да, в России данное измерение обосновано, поскольку их нормативными документами определены три метода расчета эффективной дозы для пациента, один из которых основывается на измерениях радиационного выхода рентгеновского аппарата, что позволяет повысить точность расчетов. Но у нас в Украине для определения эффективной дозы можно использовать только табличный метод!

Очень важно, чтобы протокол измерений дозоформирующих параметров помогал медицинским учреждениям в обеспечении качества и безопасности рентгенологических исследований. При этом персонал рентгеновских отделений должен понимать, к каким последствиям приведет выход контролируемого параметра за пределы допуска, и что нужно делать для исправления ситуации. По нашему мнению, техническое состояние оборудования следует оценивать по выходным параметрам, определяющим качество рентгенологических исследований [12, 13]. К сожалению, контроль таких параметров не предусмотрен действующими в Украине нормативными документами. С учетом действующей в стране нормативной базы, на наш взгляд, минимальный рациональный набор контролируемых параметров рентгенодиагностического оборудования следующий:

- контроль установленных значений напряжения и времени на пульте рентгеновского аппарата;
- контроль стабильности дозы и мощности дозы в плоскости детектора (пациента);
- контроль качества фильтрации;
- контроль пульсаций анодного напряжения;
- контроль совпадения светового и рентгеновского полей.

Рассмотрим, как отклонение этих параметров от нормы будет влиять на качество и безопасность

рентгенологических исследований.

Например, при исследовании поясничного отдела позвоночника персонал выставляет на пульте управления напряжение 80 кВ, а аппарат реально выдает только 60 кВ. Снимок в результате получается недоэкспонированным, а пациент за счет низкоэнергетического спектра рентгеновского излучения получает большую дозу. В нашей практике был случай, когда вместо 80 кВ аппарат выдавал и 42 кВ. О каком качестве исследования в этом случае можно говорить? Но одновременно и понятно, что нужно делать: сервисная организация должна откалибровать рентгеновское питающее устройство либо провести его ремонт.

Контроль стабильности дозы позволяет рентгенолаборанту выполнять исследования на одних и тех же режимах на протяжении всего рабочего дня. Если от снимка к снимку доза меняется при неизменных напряжении и количестве электричества (мАс), то меняется и качество изображения. В результате может понадобиться переделать снимок. В таком случае это уже удвоенная дозовая нагрузка на пациента. Если стабильность дозы выходит за допуск, надо регулировать питающее устройство.

Важным параметром, оказывающим существенное влияние на радиационную безопасность рентгенологических исследований, является общая фильтрация рентгеновского излучения, определяющая его однородность. Общий фильтр состоит из собственного фильтра, который для разных анодных напряжений находится в пределах 1-2 мм алюминия (Al), и дополнительного фильтра. Для обеспечения достаточной однородности рентгеновского излучения дополнительный фильтр при анодном напряжении 70-80 кВ должен быть 2 мм Al, при 80-100 кВ — 3 мм Al, при 100-125 кВ – 4 мм Al и при больших напряжениях — 5 мм Al. Правильно подобранный дополнительный фильтр дает возможность в 2,5-3,0 раза уменьшить лучевую нагрузку на пациента [14]. Практика показывает, что рентгенолаборанты очень часто забывают ставить дополнительный фильтр в диафрагму. С другой стороны, сервисная служба после ремонта аппарата может уменьшить толщину фильтра.

Контроль пульсаций анодного напряжения необходим в первую очередь для контроля работы электронных схем рентгеновского аппарата (рис. 1, 2). Так, в процессе эксплуатации одного такого аппарата персонал отработал режимы и успешно выполнял на нем все виды исследований. Еще до проведения измерений параметров нас насторожило длительное время экспозиции при съемке позвоночника (4 секунды). Когда посмотрели форму излучения, то сразу все стало ясно: трехфазный аппарат работал на одной фазе. Контроль формы высоковольтного импульса у рентгеновских аппаратов с высокочастотными питающими устройствами позволяет оценивать правильность их настройки и качество работы выходных каскадов электронных схем питающего устройства. В качестве примера на рис. 1 приведена форма высоковольтного импульса одного высокочастотного рентгеновского питающе-

го устройства при анодном напряжении 60 кВ. График не идеален, но уровень пульсаций на вершине импульса допустим. При увеличении напряжения (рис. 2) уровень пульсаций возрастает, что приводит к ухудшению качества рентгеновского излучения. Как результат, на рентгеновском аппарате с таким питающим устройством на момент контроля его параметров можно было делать только исследования конечностей и легких.

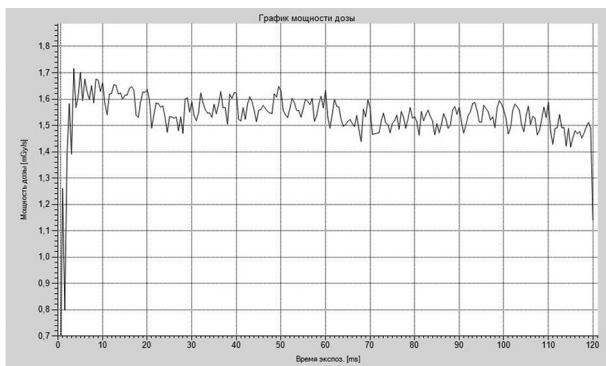


Рис. 1. Форма высоковольтного импульса при анодном напряжении 60 кВ

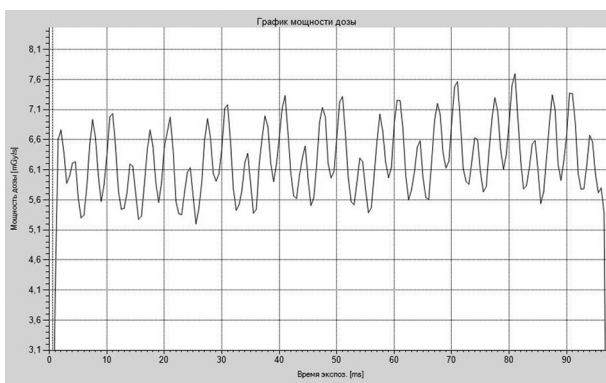


Рис. 2. Форма высоковольтного импульса при анодном напряжении 90 кВ

Для грамотного сервисного инженера по рентгеновскому оборудованию такие графики дают направление поиска неисправности в аппаратуре.

Контроль совпадения рентгеновского и светового полей является также важной проверкой, влияющей на качество рентгенологических исследований. Она гарантирует то, что на снимке будет весь диафрагмированный рентгенолаборантом на теле пациента участок.

И, наконец, очень важно, чтобы для контроля параметров рентгеновского оборудования применялись современные методики контроля и измерительная техника, что позволяет минимизировать нецелевое использование ресурса рентгеновских трубок, а также время проведения проверки.

Таким образом, для обеспечения качества и радиационной безопасности рентгенологических исследований важно обратить внимание на следующие моменты:

- на этапе закупки оборудования необходимо обеспечить его адекватность решаемым клини-

ческим задачам. Уже на этом этапе следует определиться с организацией, которая будет заниматься сервисным обслуживанием аппаратуры как в гарантийный, так и в послегарантийный периоды (не надо путать плановое техническое обслуживание с гарантией поставщика, заключающейся в бесплатном устранении производственных дефектов!). Следует помнить, что заключение договора на техническое обслуживание с организацией, имеющей соответствующую лицензию, является условием выдачи санитарного паспорта, а непроведение планового технического обслуживания может стать основанием для снятия рентгеновского аппарата с гарантии. Кроме того, хорошие сервисные инженеры могут помочь персоналу подготовить технически грамотную претензию к поставщику в случае выявления недостатков, а также помочь в освоении новой техники;

- после монтажа оборудования целесообразно заказать услугу по контролю его дозоформирующих параметров у аттестованной измерительной лаборатории, если такая проверка не была включена в требования тендерного задания; результаты контроля, определяющие исходное состояние аппаратуры, следует проанализировать вместе с сервисными инженерами, которые будут его в дальнейшем поддерживать. С этой же целью полезно также провести проверку оборудования по выходным параметрам [13], которая, к сожалению, пока не регламентирована нормативными документами. Объективная фиксация исходного технического состояния рентгеновского аппарата позволит в дальнейшем вовремя и объективно выявить ухудшение качества его работы;
- на этапе эксплуатации важным аспектом поддержания качества и безопасности рентгенологических исследований является текущий контроль состояния оборудования, проведение периодического инструментального измерения его основных параметров и планового технического обслуживания [12].

Стратегия эксплуатации рентгеновского оборудования до отказа, которая в настоящее время используется большинством медицинских учреждений, на самом деле является дорогостоящей. Каждый ремонт в этом случае будет очень дорогим, поскольку цена ремонта будет включать стоимость диагностики рентгеновского аппарата высококвалифицированными специалистами, стоимость отказавших комплектующих и работы по их замене, а также стоимость последующей настройки оборудования. Тесное взаимодействие персонала рентгеновского кабинета с сервисными инженерами является не только залогом надежной работы техники, но и дополнительной возможностью повысить техническую подготовку рентгенологов и рентгенолаборантов, которая в настоящее время оставляет желать лучшего.

Выводы

Потенциальное качество рентгенологических исследований закладывается на этапе выбора

рентгеновского оборудования, подтверждается после его монтажа и поддерживается в процессе эксплуатации. Достичь высокого качества рентгенодиагностики возможно только при правильном выборе рентгеновского аппарата, а также при тесном взаимодействии персонала рентгеновских кабинетов с сервисными инженерами и специалистами измерительных лабораторий, которые проводят инструментальный контроль технического состояния рентгеновской аппаратуры в процессе поддержания ее работоспособного состояния на этапе эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Consumer guide for the purchase of X-ray equipment/by Dr. Thure Holm/WHO/DIL/00.1 Rev.1. 2000. — 36 p.
2. Федько О.А., Коваленко Ю.М. Рациональний шлях перенесення рентгенодіагностичних відділень лікувально-профілактичних закладів новим рентгенівським обладнанням // Радіологічний вісник. — 2009. — №4(33). — С. 27-30.
3. Ткаченко М.М., Морозова Н.Л. Удосконалення служби променевої діагностики на догоспітальному етапі // Променева діагностика, променева терапія. — 2012. — №4. — С. 69-71.
4. Коваленко Ю.Н., Мирошніченко С.И. Возможности оптимизации структуры рентгенологической службы при переходе к цифровой технологии визуализации рентгеновских изображений// Променева діагностика, променева терапія. — 2012. — №4 — С. 65-68.
5. Показники діяльності радіологічної служби України у 2008-2009 роках (Довідник) / Федько О.А., Коваленко Ю.М. — К., 2010. — 80 с.
6. Ткаченко М.М., Морозова Н.Л. Стан та перспективи розвитку рентгенологічної служби країни // Радіологічний вісник. — 2012. — №4(45). — С. 12-16.
7. Коваленко Ю.М. Радіаційна безпека при рентгенографічних дослідженнях // Радіологічний вісник. — 2011. — №2 (39). — С.34-36.
8. Коваленко Ю.Н. Телерадиология и радиационная безопасность// Невский радиологический форум 2013: сборник научных трудов / Под ред. Н.А. Карловой. — СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2013. — С. 222.
9. Пігієнічні вимоги до влаштування та експлуатації рентгенівських кабінетів і проведення рентгенологічних досліджень. Державні санітарні норми і правила. ДСанПіН 6.6.3-150-2007. — К., 2007. — 72 с.
10. Радиационная безопасность рентгенологических исследований (Учебно-методическое пособие для врачей)/ В.Н. Малаховский, Г.Е. Труфанов, В.В. Рязанов. — СПб.: «ЭЛБИ-СПб», 2007. — 104 с.

11. ГОСТ 26140—84. Аппараты рентгеновские медицинские. Общие технические условия.— М: Изд-во стандартов, 1984.— 24 с.

12. Застосування джерел іонізуючих випромінювань у медицині та попередження надмірного опромінення персоналу і пацієнтів / Д.С. Мечев, В.О. Мурашко, Ю.М. Коваленко. — К.: Медицина України, 2010. — 104 с.

13. Балашов С.В., Коваленко Ю.М. Система контролю цифрових рентгенографічних систем за показниками якості // Радіологічний вісник. — 2010, № 4 (37). — С. 32-35.

14. Техническая энциклопедия рентгенолога / Чикирдин Э.Г., Мишкинис А.Б. — М.: МНПИ, 1996. — 473 с.

РЕЗЮМЕ. У статті показано, що потенційна якість рентгенологічних досліджень закладається ще на етапі вибору рентгенівського обладнання, підтверджується після його монтажу та підтримується у процесі експлуатації.

Своєчасне виявлення погіршення технічного стану апаратури, що необхідно для забезпечення її працездатності, можливе лише за умови чіткого визначення її вихідного стану при введенні в експлуатацію та правильної організації його поточного та періодичного контролю. Наведено приклади впливу основних параметрів рентгенівського обладнання на якість та радіаційну безпеку рентгенологічних досліджень. Підкреслюється, що працездатний рентгенодіагностичний апарат не є джерелом радіаційної небезпеки. Акцентується увага на тому, що високій якості та радіаційній безпеці рентгенологічних досліджень можливо досягнути лише за умови плідної співпраці персоналу рентгенівського кабінету з сервісними інженерами та спеціалістами вимірвальних лабораторій, які контролюють параметри рентгенівських апаратів. Ця співпраця повинна починатися ще на етапі закупівлі рентгенівського обладнання.

SUMMARY. The paper shows that the potential quality of the X-ray image is laid at the stage of selection of X-ray equipment, confirmed after its installation and support during the operation. In-time detection of degradation of the equipment that is needed to ensure its efficiency is possible only if a clear definition of its initial state at installation and proper organization of its current and periodic checkout. Examples of effects of key parameters of the quality of X-ray equipment and radiation safety of radiological studies are shown. It is emphasized that efficient X-ray system is not a source of radiation danger. The attention is paid that the quality and safety of X-ray examinations can be achieved only if the effective cooperation of personnel of X-ray office with the service engineers and experts of measurement laboratories that monitor settings of X-ray systems. This cooperation should begin at the stage of purchase of X-ray equipment.