

## Контроль характеристик рентгенодиагностических аппаратов в условиях эксплуатации

### Аннотация

В последние годы в мировой практике медицинской рентгентехники утвердилось новое поколение радиационных приборов для измерения выходных характеристик рентгенодиагностических аппаратов (РДА). Их основная отличительная особенность – возможность подключения к измерительному прибору персонального компьютера (ПК) с целью вычисления, графической визуализации и хранения (табличного протоколирования) основных параметров РДА.

В 2013 году на отечественном рынке произошла смена зарубежных моделей приборов для контроля характеристик РДА (как универсальных, так и портативных), сертифицированных и зарегистрированных в Госреестре СИ РФ.

С октября 2013 года НПЦ медицинской радиологии перешел на выпуск модифицированных устройств УКРЭХ с японскими детекторами рентгеновского излучения типа S8193, производимыми фирмой «Hamamatsu».

В статье приводятся основные технические характеристики портативного автономного прибора «Cobia» и модифицированного устройства УКРЭХ.

Показаны конкурентоспособность модернизированного варианта УКРЭХ и высокая эффективность его в части обеспечения ремонтных и пусконаладочных работ по сравнению с зарубежными моделями радиационных киловольтметров.

Стремительный прогресс в развитии техники для лучевой диагностики требует все более тщательного контроля основных характеристик аппаратуры. Этот прогресс вызван стремительным внедрением компьютерных технологий в систему формирования медицинских изображений для лучевой диагностики. В области рентгенодиагностики помимо новых цифровых аппаратов появились комплексы для сочетанных методик: ОФЭКТ-КТ, КТ-МРТ и др., требующие высокой лучевой нагрузки на пациента и персонал. В рентгеновской аппаратуре начали применяться вместо трехфазных генераторов генераторы на полупроводниковых схемах с преобразованием частоты питания, обеспечивающие высокую точность поддержания напряжения и пульсации на уровне 4 %. При этом генетически значимая доза на население от воздействия лучевой диагностики продолжает возрастать (не менее 1 % в год), достигая порой опасного значения. В рентгенодиагностической аппаратуре доза излучения является основным параметром, а доза определяется прежде всего значением напряжения на рентгеновской трубке. Именно поэтому значение анодного напряжения в рентгенодиагностическом аппарате требует постоянного и все более тщательного контроля. Для такого контроля создан специальный класс приборов, называемых радиационными киловольтметрами (иногда их называют рентген-тестерами).

В последние годы в мировой практике медицинской рентгентехники утвердилось новое поколение радиационных приборов для измерения выходных характеристик рентгенодиагностических аппаратов (РДА). Их основная отличительная особенность – возможность подключения к измерительному прибору персонального компьютера (ПК) с целью вычисления, графической визуализации и хранения (табличного протоколирования) основных параметров РДА. Примерами таких приборов могут служить универсальный дозиметр рентгеновского излучения «Unfors Xi» («Unfors Instruments», Швеция), отечественный рентген-тестер УКРЭХ в новом конструктивном исполнении с возможностью подключения к нему ПК, выпускаемый с 2013 года.

Как уже говорилось, основная причина появления таких приборов – широкое внедрение в медицинскую практику нового поколения рентгенодиагностической

аппаратуры: цифровых аппаратов для рентгенографии и рентгеноскопии, компьютерных томографов.

В питающих устройствах таких аппаратов применяются средне- и высокочастотные генераторы, обеспечивающие получение анодного напряжения с очень малыми пульсациями и шумами.

Наряду с подобными универсальными измерительными приборами, работающими с ПК, практически те же фирмы стали выпускать и автономные портативные измерительные приборы для оперативной оценки технического состояния РДА. Типичными примерами таких приборов могут служить дозиметр «Mult-o-Meter» («Unfors Instruments», Швеция), отечественный рентген-тестер УКРЭХ в базовой конструкции [1]. К настоящему времени НПЦ медицинской радиологии (ГБУЗ «НПЦМР ДЗМ») выпустил по заказам потребителей около 300 устройств УКРЭХ, которые успешно эксплуатируются во многих организациях практически всех регионов РФ [3].

В 2013 году на отечественном рынке произошла смена зарубежных моделей приборов для контроля характеристик РДА (как универсальных, так и портативных), сертифицированных и зарегистрированных в Госреестре СИ РФ.

Вместо универсального дозиметра «Unfors Xi», поставлявшегося потребителям в 2010-2012 гг., шведская фирма «RTI Electronics AB» с начала 2013 года начала поставку (через российского дистрибьютора) более совершенного универсального дозиметра для контроля параметров РДА типа «Piranha» в различных модификациях, обеспечивающих совместно с ПК расширенную техническую экспертизу различных типов РДА (рентгенографических, рентгеноскопических, маммографических, стоматологических, КТ).

С этого же времени на отечественном рынке вместо дозиметра «Mult-o-Meter» появился автономный, портативный дозиметр для оперативного контроля характеристик РДА типа «Cobia», выпускаемый той же шведской фирмой.

С октября 2013 года НПЦ медицинской радиологии перешел на выпуск модифицированных устройств УКРЭХ с японскими детекторами рентгеновского излучения типа S8193, производимыми фирмой «Hamamatsu». Детектор S8193 представляет собой плоский кремниевый фотоди-

од с напыленным на него керамическим сцинтиллятором типа GOS. Главное его достоинство – независимость параметров детектора от влияния клинических условий окружающей среды (прежде всего влажности), отсюда – высокая стабильность данных параметров. Это обстоятельство позволяет повысить стабильность характеристик УКРЭХ, расширить диапазон измерительных электрических и дозиметрических параметров рентгеновских аппаратов, а также увеличить точность измерений.

Основные технические характеристики портативного автономного прибора «Cobia» и модифицированного устройства УКРЭХ с японскими детекторами приведены в табл. 1.

В универсальном рентген-тесторе УКРЭХ, сопрягаемым с ПК (рис. 1), также используются новые японские детекторы.



Рис. 1. Общий вид УКРЭХ

Подключение ПК к УКРЭХ дает возможность визуализировать измеряемые УКРЭХ характеристики в графической форме (это прежде всего относится к анодному напряжению, а также к выходным сигналам детекто-

ров, пропорциональных мощности дозы излучения), реализовывать различные алгоритмы обработки и вычисления измеряемых параметров, сохранять их для последующей регистрации и анализа при сравнительно небольшом увеличении стоимости.

В качестве ПК может быть использован настольный ПК, ноутбук или нетбук с операционными системами Microsoft Windows XP, Vista или Windows-7, содержащими табличный процессор Excel и оболочку Net-Framework.

Для связи с ПК используется либо соединительный кабель RS-232/RS-232 (COM-1), либо переходник RS-232/USB, либо специальный модуль, выполненный по технологии Bluetooth, подключаемый к УКРЭХ вместо кабеля RS-232.

Для работы с ПК с применением дотнет (.NET) технологии на языке C# была разработана программа, обеспечивающая связь УКРЭХ с ПК, вычисление, визуализацию и хранение измеренных характеристик с возможностью их экспорта в Excel.

Программа разработана в среде Visual Studio 2008 для оболочки .Net Framework, включаемой в ОС ПК.

ПК на основе полученных из УКРЭХ данных вычисляет и выводит на дисплей следующие параметры:

- анодное напряжение на рентгеновской трубке  $kVp$  ( $kVp$  среднепиковое,  $kVp_{ecv}$  – эквивалентное постоянному напряжению в соответствии с IEC 61676);
- мощность экспозиционной дозы (радиационный выход), Р/мин или мГр/с;
- экспозиционную дозу, мР или мГр;
- время экспозиции: 10...10000 мс;
- слой половинного ослабления  $HVL$ ;
- график измерения  $kVp$  во времени;
- график измерения мощности дозы с двух детекторов во времени.

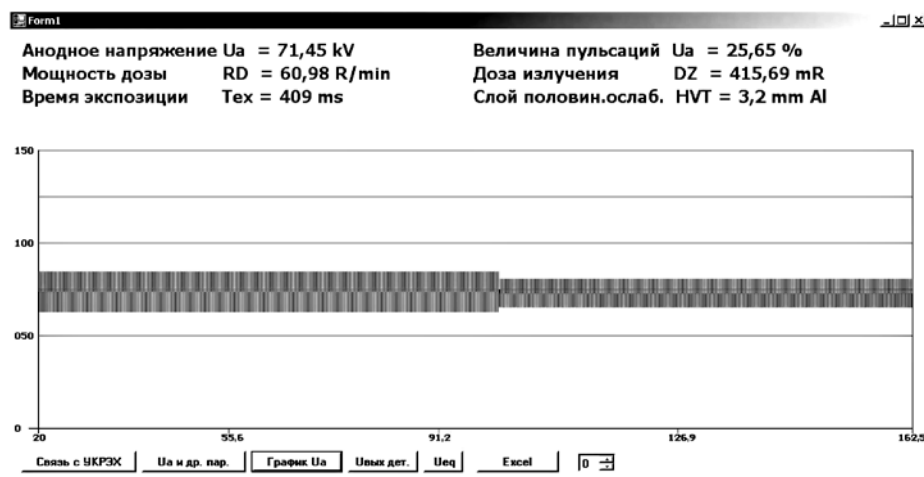


Рис. 2. Рабочее окно программы на экране ПК

Таблица 1

Сравнительные характеристики нормативных радиационных киловольтметров

| Тип прибора     | Анодное напряжение          | Доза                             | Мощность дозы                                     | Время экспозиции             | Примечание                               |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|
| Cobia           | (38...153 кВ) $\pm 12,5 \%$ | (400 мкГр...1000 кГр) $\pm 5 \%$ | (15...100 мкГр) $\pm 5 \%$                        | (0,1 мс...2000 с) $\pm 3 \%$ | Мощность дозы вычисляется по $D$ и $T_d$ |
| УКРЭХ (2013 г.) | (40...150 кВ) $\pm 3 \%$    | (1,5 мкГр...0,6 Гр) $\pm 10 \%$  | (1...400 Р/мин) или (0,15...60 мГр/с) $\pm 10 \%$ | (10 мс...10 с) $\pm 3 \%$    | Доза вычисляется по $D$ и $T_d$          |

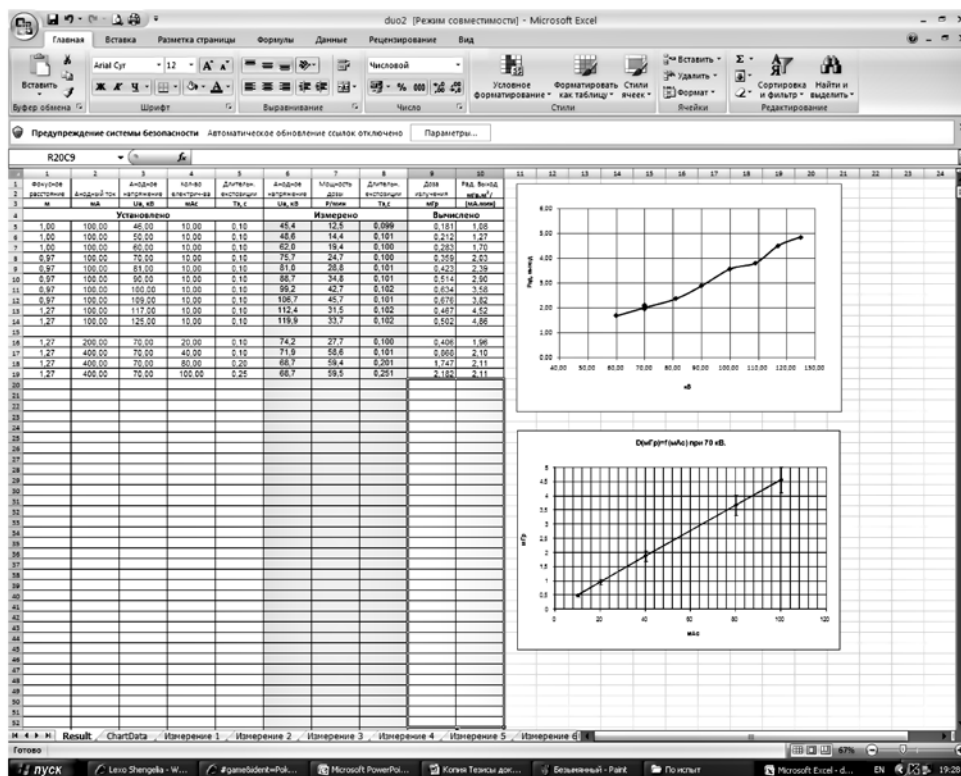


Рис. 3. Таблица электрических и радиационных характеристик УКРЭХ на экране ПК

Рабочее окно программы на дисплее ПК по окончании процесса измерения за время одной экспозиции имеет вид, представленный на рис. 2.

В нижней части окна расположен также ряд кнопок, управляемых манипулятором «мышь».

Кнопка «Ueq» позволяет, используя массив  $U_a$ , вычислять так называемое практическое пиковое напряжение (или эквивалентное постоянное напряжение) в соответствии с ИЕС 61676.

Кнопка «Excel» обеспечивает связь с табличным процессором Excel, организуя создание экземпляра Excel и запуск новой рабочей книги на основе заданного шаблона, куда экспортируются данные измерений, причем каждое новое измерение автоматически записывается в новую строку таблицы. Запись производится в числовом формате, что дает возможность автоматической обработки с помощью формул, заранее записанных в соответствующие ячейки Excel.

На основе получения результатов измерений непосредственно в виде динамической таблицы (рис. 3) изменений электрических и радиационных характеристик рентгеновского излучателя, предложенный алгоритм, в отличие от других аналогичных приборов, позволяет в режиме реального времени без большой рутинной работы автоматически обработать и получить зависимости линейности дозы излучения от количества электричества, радиационного выхода от анодного напряжения, повторяемости дозы излучения при одинаковых уставках режима экспозиции, оценить относительную и абсолютную погрешности измеренных значений и др. Это дает возможность (техническому инспектору) оперативно оценивать техническое состояние питающего устройства и излучателя рентгеновского аппарата непосредственно в ЛПУ.

Опыт эксплуатации нового варианта УКРЭХ, совместного с ПК, подтвердил указанные преимущества [4].

Показаны конкурентоспособность модернизированного варианта УКРЭХ и высокая эффективность его в части обеспечения ремонтных и пусконаладочных работ по сравнению с зарубежными моделями радиационных киловольтметров.

#### Список литературы:

1. Бердяков Г.И., Блинов Н.Н. Модифицированный радиационный киловольтметр для рентгенодиагностических аппаратов // Медицинская техника. 2012. № 5. С. 4-7.
2. Бердяков Г.И., Блинов Н.Н. Типовой ряд радиационных киловольтметров // Медицинская техника. 2005. № 5. С. 19-21.
3. Бердяков Г.И., Ларчиков Ю.В., Ртищева Г.М., Шенгелия Н.А. Применение многофункционального рентген-тестера УКРЭХ в рентгенодиагностических кабинетах // Радиология-практика. 2007. № 2. С. 57-58.
4. Бердяков Г.И., Блинов Н.Н., Кокуев А.Н., Ларчиков Ю.В., Ртищева Г.М., Шенгелия А.Н., Шенгелия Н.А. Анализатор радиационных и электрических характеристик рентгеновских аппаратов на базе УКРЭХ с ПК / Тезисы докладов V Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология-2011», 25-27 мая, МВЦ «Крокус Экспо».

Геннадий Иванович Бердяков,  
канд. тех. наук, вед. научный сотрудник,  
НПЦ медицинской радиологии,  
Николай Николаевич Блинов,  
д-р тех. наук, профессор,  
зав. лабораторией,  
ФГБУ «ВНИИИМТ» Росздравнадзора,  
г. Москва,  
e-mail: otel-22@mail.ru