

Г.И. Бердяков, Н.Н. Блинов

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ РАДИАЦИОННЫЙ КИЛОВОЛЬТМЕТР ДЛЯ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Аннотация

Рассмотрены особенности современных радиационных киловольтметров для рентгенодиагностических аппаратов. Приводятся параметры модифицированного радиационного киловольтметра УКРЭХ в сочетании с персональным компьютером.

Последние 20 лет в медицинском рентгеноаппаратостроении практически единственным методом измерения напряжения на рентгеновской трубке является метод, основанный на поглощающих свойствах генерируемого при различных значениях анодного напряжения излучения. В подобных устройствах используют несколько радиационных детекторов, установленных за фильтрами различной ширины. Значение анодного напряжения определяется по разнице поглощения [1]. В СССР во ВНИИИ медицинской техники (ВНИИИМТ) было создано несколько подобных устройств. Одно из них, защищенное несколькими авторскими свидетельствами, – тест-кассета рентгеновская ТКР-1 [2] – было основано на рентгенографии вращающегося диска со щелью и экспонировании медного неподвижного клина. Во ВНИИИМТ был также создан радиационный киловольтметр ПКР-1 [1].

Рядом зарубежных фирм выпускаются аналогичные приборы со встроенными и выносными радиационными детекторами, наибольшее распространение среди которых получил радиационный киловольтметр «Norex» фирмы «PTW Freiburg» [2].

В НПЦ медицинской радиологии в начале 2000-х годов было разработано устройство контроля радиационных и электрических характеристик рентгеновских аппаратов дистанционное УКРЭХ (ТУ 9442-009-42448921-00) [1].

Устройство в основном предназначено для измерения анодного напряжения на рентгеновских трубках рентгенодиагностических аппаратов (РДА) со всеми типами питающих устройств: с однофазными (одно- и двухпульсными), трехфазными, средне- и высокочастотными схемами. Параллельно УКРЭХ позволяет измерить мощность экспозици-

онной дозы (радиационный выход трубки) и время экспозиции.

На основании положительных результатов испытаний УКРЭХ было сертифицировано и зарегистрировано в Госреестре средств измерений (№ 22584-02). По существу, это единственный в Госреестре радиационный киловольтметр, в то время как другие включаемые туда аналогичные приборы являются дозиметрами.

Устройство УКРЭХ представляет собой малогабаритный (94 x 94 x 56 мм) автономный цифровой прибор (рентген-тестер) для оперативного измерения основных параметров РДА радиационным (бесконтактным) методом в прямом пучке рентгеновской трубки.

Аналогичные малогабаритные приборы начали выпускать и за рубежом. Примером может служить дозиметр «Mult-0-Meter 303» («Unfors Instruments», Швеция). Основные технические характеристики указанных приборов приведены в табл. 1.

К настоящему времени НПЦ медицинской радиологии (ГБУЗ «НПЦМР ДЗМ») выпустил по заказам потребителей около 300 УКРЭХ, которые успешно эксплуатируются во многих организациях практически всех регионов РФ.

За последние годы произошла серьезная модернизация радиационных киловольтметров. Помимо увеличения чувствительности детекторов все современные рентгентестеры комплектуются персональными компьютерами и пакетом программ для обработки и представления информации.

С момента разработки рентгентестера УКРЭХ в процессе его выпуска алгоритм измерения и схема прибора непрерывно совершенствовались. За истекшее время были реализованы:

Таблица 1

Сравнительные характеристики радиационных киловольтметров

Тип прибора	Анодное напряжение	Доза	Мощность дозы	Время экспозиции	Примечание
Mult-0-Meter 303	(50...150 кВ) ± 3 %	(100 мкГр...10 кГр) ± 10 %	(0,1...500 мГр/с) ± 10 %	(1 мс...999 с) ± 3 %	Мощность дозы вычисляется
УКРЭХ	(40...125 кВ) ± 5 %	(1,5 мкГр...0,3 Гр) ± 20 %	1...200 Р/мин или (0,15...30 мГр/с) ± 20 %	(10 мс...10 с) ± 5 %	Доза вычисляется

- 1) автоматические изменения порога чувствительности прибора в 10 раз в зависимости от интенсивности входного излучения;
- 2) более сложный алгоритм определения момента окончания времени экспозиции T_3 [4], позволивший измерять T_3 в РДА с однофазным питающим устройством (однопульсные и двухпульсные схемы);
- 3) дополнительное вычисление и вывод значения экспозиционной дозы излучения за время экспозиции;
- 4) специальный режим оценки слоя половинного ослабления с излучением напряжения на одном из детекторов УКРЭХ;
- 5) дополнительная сигнализация для увеличения интенсивности излучения с целью повышения точности измерения;
- 6) возможность ручного выбора пары детекторов, используемой в процессе измерения;
- 7) экспериментальная проверка возможности сопряжения УКРЭХ с карманным компьютером типа «Pocket PC» [2] и пр.

Эти возможности рентгенотестера УКРЭХ позволяют контролировать большинство параметров питающих устройств и рентгеновских излучателей практически всех типов РДА как общего, так и специального назначения в диапазоне анодных напряжений 40...130 кВ, в том числе:

- точность установки анодного напряжения;
- форму кривой и уровень пульсаций анодного напряжения, определяемых с помощью внешнего осциллографа, подключаемого к специальному гнезду УКРЭХ;
- уровень радиационного выхода рентгеновского излучателя, вычисляемого на основе измеренного значения мощности дозы, расстояния от фокуса трубки до детекторов УКРЭХ и установленного анодного тока трубки;
- линейность изменения интенсивности (дозы) излучения от тока трубки, количества электричества, повторяемость мощности дозы (дозы) при заданных значениях анодного напряжения;
- оценку слоя половинного ослабления (СПО) с использованием набора алюминиевых пластин, обеспечивающих двукратное ослабление мощности дозы (выходного напряжения одного из детекторов);
- точность установки длительности экспозиции.

УКРЭХ с успехом применяется и для контроля ряда важных параметров компьютерных томографов: анодного напряжения на рентгеновской трубке, длительности экспозиции, нижней границы СПО, уровня радиационного выхода рентгеновского излучателя.

Все это свидетельствует о том, что прибор УКРЭХ может также служить базой для аккредитации лабораторий радиационного контроля (ЛРК) широкого профиля [3].

В последние годы в мировой практике медицинской рентгенотехники утвердилось новое поколение радиационных приборов для измерения выходных характеристик рентгенодиагностических аппара-

тов (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 Instrumentts», Швеция), многофункциональный прибор для контроля эксплуатационных параметров РДА «TNT 12000» (США), рентгеновский мультиметр «BARRACUDA» («RTI Electronics», Швеция). В последнем приборе в качестве ПК используется карманный компьютер. Основная причина появления таких приборов – широкое внедрение в медицинскую практику нового поколения рентгенодиагностической аппаратуры – цифровых аппаратов для рентгенографии и рентгеноскопии.

Начиная с 2011 года НПЦ медицинской радиологии начал поставлять УКРЭХ в новом конструктивном исполнении с возможностью подключения к нему персонального компьютера (рис. 1).



Рис. 1

Подключение ПК к устройству дало возможность визуализировать измеряемые УКРЭХ характеристики в графической форме (это прежде всего относится к анодному напряжению, а также к выходным сигналам детекторов, пропорциональным мощности дозы излучения), реализовать различные алгоритмы обработки и вычисления измеряемых параметров, сохранять их для последующей регистрации и анализа.

В модифицированном варианте УКРЭХ устанавливается новый микроконтроллер с расширенной до 32 кбайт внешней оперативной памятью. В процессе измерения в эту внешнюю память записываются выборки усиленных сигналов двух выбранных детекторов параллельно с их обработкой (накоплением). После окончания измерения по команде из ПК данные из внешней памяти УКРЭХ переписываются в ОЗУ ПК.

В качестве ПК может быть использован настольный ПК, ноутбук или нетбук с операционной системой Microsoft Windows XP, Vista или Windows 7, содержащей табличный процессор Excel и оболочку .Net Framework.

Для связи с ПК используется или соединительный кабель RS-232/RS-232 (COM-1), или переход-

ник RS-232/USB, или специальный модуль, выполненный по технологии Bluetooth, подключаемый к УКРЭХ вместо кабеля RS-232.

Для работы с ПК с использованием 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, включаемого в ОС ПК.

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

- анодное напряжение на рентгеновской трубке kVp (kVp – среднее пиковое; $kVp_{ев}$ – эквивалентное постоянному напряжению в соответствии с IEC 61676);
- мощность экспозиционной дозы (радиационный выход), R/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.

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

В этом окне можно выделить два поля, расположенных в верхней и нижней частях окна.

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

Поле 1. Поле параметров. В данном поле отображается список параметров, измеряемых УКРЭХ. Параметры в левой части поля отображаются в той последовательности, в которой они вычисляются

УКРЭХ. Следует отметить, что эти параметры вычисляются в ПК заново по результатам измерений детекторов рентгеновского излучения.

В правой части поля 1 отображаются параметры, вычисленные на основе параметров левой части и конструктивных данных фильтров блока детекторов, используемых УКРЭХ.

Поле 2. В данном поле отображается форма зарегистрированного параметра. Если нажата кнопка «График U_a », то на поле воспроизводится форма зарегистрированного U_a , если нажата кнопка «Увых. дет.», то на поле выводятся графики выходных сигналов двух детекторов рентгеновского излучения. Пользователь имеет возможность более подробно рассмотреть интересующий его участок соответствующего графика. Для этого он должен отметить курсором начало и конец такого участка, после чего программа выведет его (растянет) на всю ширину экрана с соответствующим пересчетом величины пульсации.

Кнопка «Ueq» позволяет, используя массив U_a , вычислять так называемое практическое пиковое напряжение (или эквивалентное постоянное напряжение) в соответствии с IEC 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 ее автоматической обработки с помощью формул, заранее записанных в соответствующие ячейки Excel.

Получив результаты измерения непосредственно в виде динамической таблицы изменения электрических и радиационных характеристик рентгеновского излучателя, можно при помощи предложен-



Рис. 2

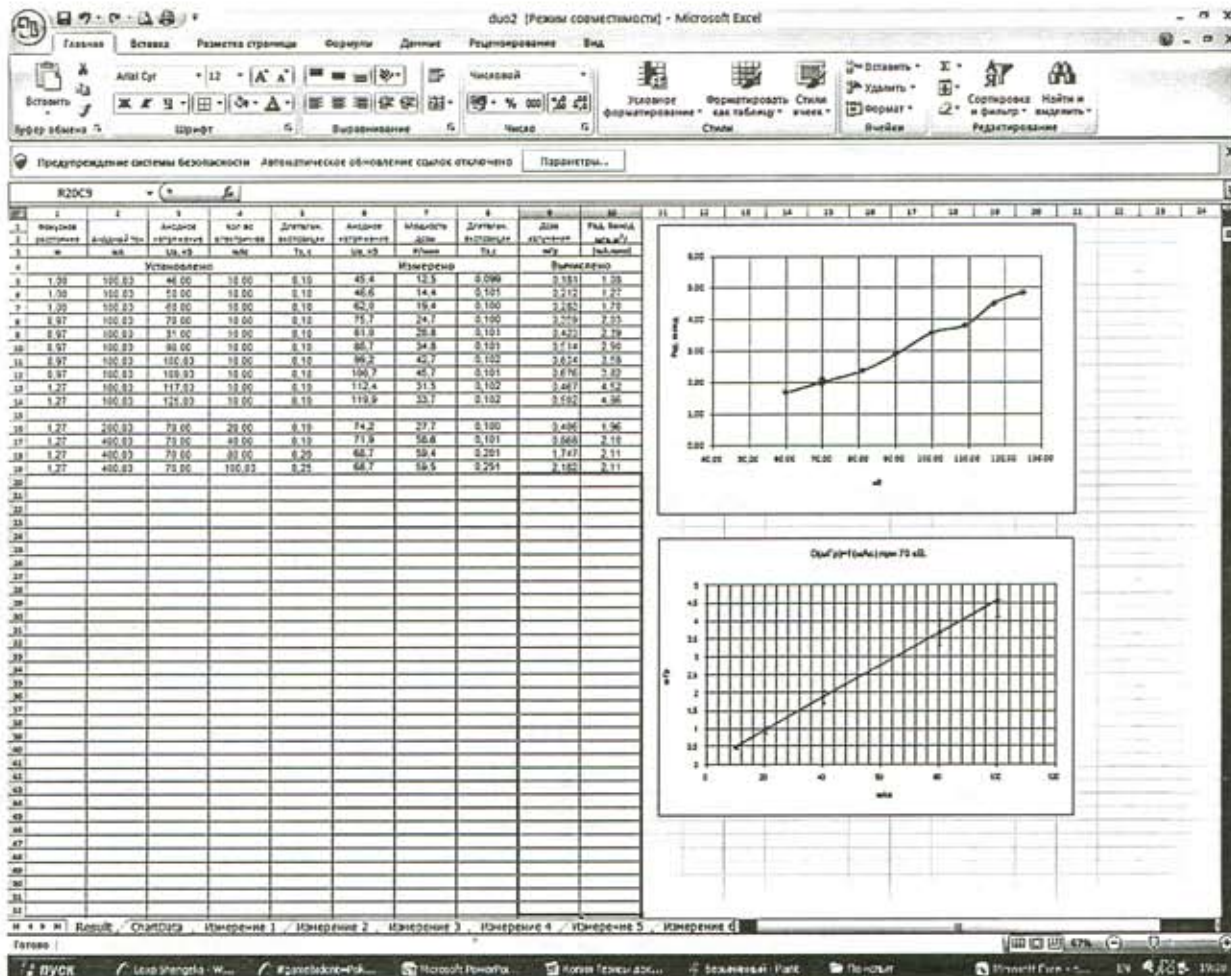


Рис. 3

ного алгоритма (в отличие от других аналогичных приборов) 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, а также оценить относительную и абсолютную погрешности измеренных значений и др. Это дает возможность (техническому инспектору) оперативно, непосредственно в ЛПУ, оценивать техническое состояние питающего устройства и излучателя рентгеновского аппарата.

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

Список литературы:

1. Основы рентгенодиагностической техники / Под ред. Н.Н. Блинова. – М.: Изд-во «Медицина», 2002. 392 с.
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 рентгентестера 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».

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