

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И РАДИАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕНТГЕНОВСКИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТОМОГРАФОВ В УСЛОВИЯХ КЛИНИКИ

Кручинин С.А.

Целью работы является разработка и апробация методики оценки основных электрических и радиационных характеристик рентгеновских компьютерных томографов (КТ) в условиях клиники. Данные испытания проводятся в рамках реализации программы обеспечения качества, гарантирующей электрическую и радиационную безопасность пациентов и медицинского персонала, а также регистрацию медицинских изображений высокого диагностического уровня. ООО «КБ РентгенТест», г. Москва, Россия.

Материалы и методы.

Для оценки основных электрических и радиационных характеристик КТ при использовании традиционных для рентгенодиагностических аппаратов методов и аппаратных средств контроля необходимо, чтобы рентгеновский излучатель находился в неподвижном состоянии. Обеспечить подобную конфигурацию удается только в сервисном режиме работы аппарата, но у организаций, проводящих испытания, как правило, отсутствуют права доступа к сервисному режиму работы оборудования. В качестве альтернативы предлагается методика оценки основных характеристик КТ при использовании клинического режима работы для получения топограмм.

Результаты и обсуждение.

Представленная методика была успешно апробирована в рамках деятельности испытательной лаборатории оборудования для лучевой диагностики и лучевой терапии при проведении контроля характеристик КТ различных компаний-производителей. При использовании данной методики за период с 2014 по 2019 гг. было испытано около 50 КТ в различных регионах России.

Выводы.

Оценка основных электрических и радиационных характеристик КТ проводится в условиях клиники без дополнительного привлечения специалистов, осуществляющих техническое обслуживание и/или ремонт оборудования. Время проведения испытаний составляет порядка 30-40 минут. Таким образом, процесс контроля характеристик КТ практически не оказывает влияния на график приема пациентов.

Ключевые слова: компьютерная томография, топограмма, электрические и радиационные характеристики, обеспечение качества, радиационный дозиметр.

Контактный автор: Кручинин С.А., e-mail: skruchinin@rentgentest.ru

Для цитирования: Кручинин С.А. Методика оценки электрических и радиационных характеристик рентгеновских компьютерных томографов в условиях клиники. REJR 2019; 9(4):123-128. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-4-123-128.

Статья получена: 10.06.19

Статья принята: 12.09.19

THE METHOD OF CT ELECTRICAL AND RADIATION CHARACTERISTICS EVALUATION IN CLINICAL USING CONDITIONS

Kruchinin S.A.

Purpose. The purpose of the paper is to develop and approve the method of the CT main electrical and radiation characteristics evaluation in clinical using conditions. These tests are executed to implement a quality assurance program that ensures the electrical and radiation safety of patients and medical stuff, as well as the medical images acquisition with high diagnostic level.

Materials and methods. For evaluation of the CT main electrical and radiation

Design office
RoentgenTest.
Moscow, Russia.

characteristics by using of traditional for X-ray diagnostic apparatus methods and X-ray testing devices, it is necessary for X-ray emitter to be fixed. Such a configuration can be provided in the service mode of apparatus operation only but the stuff of the organizations conducting the tests do not have access rights to the service mode as a rule. As an alternative the method of the CT main characteristics evaluation by using the clinical mode for topograms obtaining is being suggested.

Results. The suggested method was successfully approved on the basis of the testing laboratory for radiology equipment concerning the CT characteristics evaluation. Using this method about 50 CT of various manufacturing companies have been tested for the period from 2014 to 2019 in different Russian regions.

Conclusions. By using of the presented method in clinical conditions the evaluation of the CT main electrical and radiation characteristics can be carried out without additional involvement of specialists performing service and / or repair of the equipment. Testing time is not more than 30-40 minutes. Thus, CT characteristics testing process does not influence on the patients diagnostic examination schedule significantly.

Keywords: computed tomography, topogram, electrical and radiation characteristics, quality assurance, radiation dosimeter.

Corresponding author: Kruchinin S.A., e-mail: skruchinin@rentgentest.ru

For citation: Kruchinin S.A. The method of ct electrical and radiation characteristics evaluation in clinical using conditions. REJR 2019; 9(3):127-133. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-3-127-133.

Received: 10.06.19

Accepted: 12.09.19

В настоящее время в лечебно-профилактических учреждениях (ЛПУ) Российской Федерации эксплуатируется более 1800 рентгеновских компьютерных томографов (КТ). Использование данного высокотехнологичного оборудования сопряжено с потенциальной электрической и радиационной опасностью как для пациентов, так и для медицинского персонала. В связи с этим, для обеспечения безопасности, а также для гарантии высокого качества получаемых диагностических изображений необходимо проводить технические испытания оборудования на соответствие контролируемых параметров и характеристик требованиям эксплуатационной (паспорт на изделие, технические условия и т.п.) и нормативной (национальные стандарты, методические указания, санитарные правила и нормативы и т.п.) документации [1 - 3]. Как правило, испытания проводят при вводе оборудования в эксплуатацию в ЛПУ (сразу после его инсталляции), после ремонта или замены блоков и узлов, влияющих на радиационную безопасность, а также при периодических испытаниях (не реже одного раза в 2-3 года для решения вопроса о продлении срока эксплуатации) [2].

В соответствии с СанПиН 2.6.1.1192-03 и документом «Технический паспорт на рентгеновский диагностический кабинет» [2, 3] к основным контролируемым электрическим и ра-

диационным характеристикам (здесь и далее под термином «характеристики» будем подразумевать как параметры, так и характеристики) рентгеновского оборудования (включая КТ) относятся: точность установки анодного напряжения и длительности экспозиции, линейность и повторяемость (воспроизводимость) дозы излучения, слой половинного ослабления и суммарная фильтрация рентгеновского излучения, а также уровень пульсаций и форма кривой анодного напряжения. Как правило, в современных условиях контроль этих характеристик проводится неинвазивными методами (то есть без снятия защитных кожухов аппарата и без подключения к его высоковольтной цепи питания) с использованием так называемых радиационных дозиметров-киловольтметров. На российском рынке присутствует ряд приборов, включенных в Государственный реестр средств измерений, позволяющих проводить данные испытания (например, «Piranha», компания-изготовитель «RTI Electronics AB», Швеция). Процедура оценки обозначенных выше характеристик для рентгенодиагностических аппаратов, в которых излучатель в процессе проведения экспозиции находится в неподвижном состоянии, не представляет каких-либо затруднений – необходимо лишь корректно разместить датчик измерительного прибора в радиационном поле, создаваемом рентгеновским излучателем, и выполнить экспозицию.

Принцип получения изображений при КТ-исследованиях основан на том, что рентгеновский излучатель совершает вращение вокруг исследуемого объекта [5]. Таким образом, при размещении измерительного прибора, например в изоцентре (центре апертуры гентри), и при выполнении одного полного оборота излучателя измерительный прибор будет регистрировать как прямое излучение (в моменты времени, когда излучатель находится над чувствительным элементом прибора), так и боковое излучение, а также излучение утечки (все остальное время вращения излучателя). Следовательно, измеренные значения контролируемых характеристик окажутся некорректными.

Таким образом, задача разработки методики испытаний, которая позволила бы корректно оценить электрические и радиационные характеристики КТ в условиях его клинического использования, представляется актуальной.

Материалы и методы.

В настоящее время отсутствуют закрепленные в международных и российских стандартах методы неинвазивного измерения радиационных и электрических характеристик КТ при его работе в штатном режиме (во время пошагового или спирального сканирования). Таким образом, для того, чтобы иметь возможность использовать методы и средства контроля, аналогичные применяемым в традиционной рентгенотехнике, необходимо каким-либо способом обеспечить фиксацию рентгеновского излучателя в заданном положении. Дополнительно заметим, что поскольку размер чувствительной области измерительных приборов, как правило, не превышает 50 мм вдоль каждой из пространственных координат, а расстояние от фокуса рентгеновской трубки до прибора составляет 70-90 см (оно соизмеримо с диаметром апертуры гентри), то используемые на выходе излучателя КТ так называемые профилированные фильтры (в литературе их также называют «фильтры-бабочки» [5]) не будут вносить искажения в результат измерения.

В каждом серийном рентгеновском КТ предусмотрен сервисный режим, в котором есть возможность зафиксировать рентгеновский излучатель в одном из четырех положений (эти положения соответствуют расположению часовой стрелки в области трех, шести, девяти и двенадцати часов), задать необходимые параметры съемки (анодное напряжение, силу анодного тока, длительность экспозиции, вид профилированного фильтра, ширину области коллимации и т.д.) и произвести экспозицию. Однако доступ к сервисному режиму работы аппарата имеют, как правило, только представители организаций, занимающихся техническим обслуживанием и/или ремонтом данного оборудования. В свою очередь испытания (кон-

троль эксплуатационных параметров и характеристик) проводят аккредитованные в установленном порядке испытательные лаборатории (центры) [2, 4]; причем организации, структурным подразделением которых является аккредитованная лаборатория (центр), не имеют права проводить ни технического обслуживания, ни ремонта испытуемого оборудования, дабы исключить конфликт интересов. Таким образом, у проводящих испытания организаций, как правило, отсутствует доступ к сервисному режиму работы аппарата.

Единственным клиническим режимом работы КТ, при котором рентгеновский излучатель находится в неподвижном состоянии и происходит лишь перемещение стола пациента, является режим получения топограммы. Топограмма выполняется с целью регистрации проекционного (обзорного) изображения объекта исследования. Используя полученное изображение, оператор (рентгенолаборант) выбирает область интереса и осуществляет пошаговое или спиральное сканирование [5, 6]. Часто в режиме работы аппарата для получения топограммы имеется возможность задания положения излучателя (сверху, слева, справа или снизу), а также доступны для настройки (выбора и установки) следующие параметры съемки: анодное напряжение и сила анодного тока (в ряде моделей есть возможность также задать длительность экспозиции). Таким образом, проводя испытания в данном режиме работы аппарата, возможно оценить точность установки анодного напряжения (в некоторых моделях и длительность экспозиции), линейность и повторяемость дозы (мощности дозы) излучения, слой половинного ослабления и суммарную фильтрацию рентгеновского пучка, а также форму кривой и уровень пульсаций анодного напряжения.

Исходя из вышесказанного, можно предложить следующую последовательность действий (алгоритм) оценки электрических и радиационных характеристик КТ.

1. На консоли оператора необходимо задать (выбрать) новое исследование (например протокол исследования головного мозга). Перед началом основного клинического сканирования (пошагового или спирального) всегда есть возможность выполнить топограмму с предварительно заданными параметрами съемки. Важно, что режим топограммы можно повторять большое число раз (проводя при этом испытания), так и не переходя к основному клиническому исследованию.

2. В режиме топограммы нужно задать положение излучателя (например, сверху) и установить значения контролируемых параметров (анодное напряжение, длительность экспозиции), а также других (сила анодного тока, величина перемещения стола и др.) параметров

съемки.

3. Необходимо установить измерительный прибор на внутренней поверхности апертуры гентри таким образом, чтобы линия, соединяющая излучатель и середину чувствительной зоны прибора, проходила через изоцентр гентри. На рисунке 1 показано рекомендуемое положение измерительного прибора во время проведения измерений (излучатель зафиксирован сверху, а измерительный прибор находится

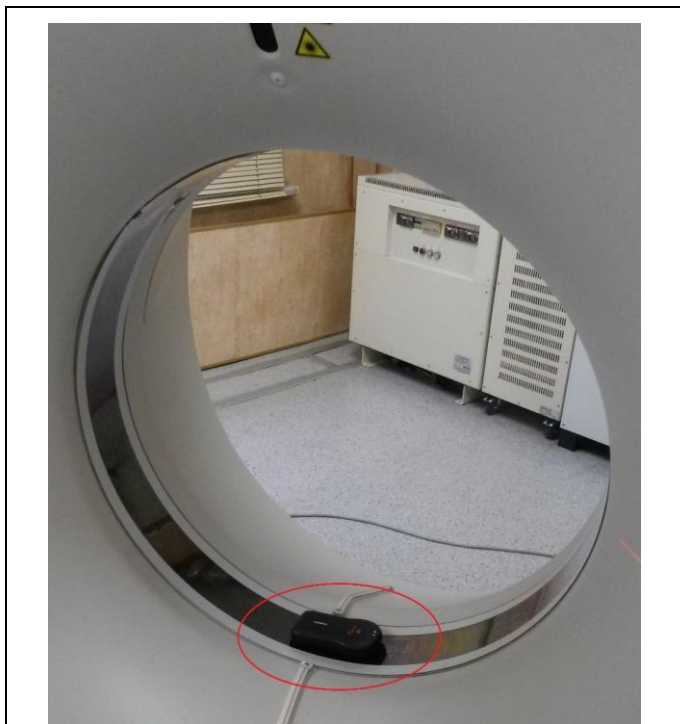


Рис. 1 (Fig. 1)

Рис. 1. Фотография.

Рекомендуемое положение измерительного прибора внутри апертуры гентри.

Fig. 1. Photo.

The measuring device inside the gantry aperture recommended position.

снизу).

4. Поскольку при выполнении топограммы происходит перемещение стола пациента, то для того, чтобы он никак не повлиял на процедуру измерений (в процессе перемещения не оказался на пути рентгеновского пучка между излучателем и измерительным прибором), рекомендуется выполнить следующие действия: выдвинуть из стола подголовник (приспособление для фиксации головы пациента); сместить стол таким образом, чтобы он находился спереди от гентри, а край стола, обращенный к гентри, не пересекал плоскость, проходящую через излучатель, изоцентр и измерительный прибор; зафиксировать данное положение стола в качестве начального значения; в параметрах топо-

граммы установить перемещение стола в сторону, противоположную направлению к гентри (в некоторых моделях КТ для этого необходимо задать начальное и конечное положения стола пациента).

5. После того, как все параметры заданы, необходимо нажать на кнопку подтверждения заданных параметров и произвести экспозицию.

6. После осуществления съемки результаты измеренных характеристик будут зафиксированы на дисплее измерительного прибора (либо на экране средства отображения информации) и смогут быть доступны для дальнейшего анализа.

Результаты и обсуждение.

Предложенная методика оценки основных электрических и радиационных характеристик КТ успешно апробирована в рамках деятельности испытательной лаборатории ООО «КБ РентгенТест» при проведении испытаний КТ различных компаний-производителей. За период с 2014 по 2019 гг. было испытано около 50 КТ различных моделей в целом ряде регионов РФ.

В качестве примера практического применения предложенной методики рассмотрим процедуру оценки электрических и радиационных характеристик рентгеновского КТ «Aquilion 64», производства компании «Toshiba Medical Systems Corporation», Япония. После задания в соответствующих полях базы данных на рабочей станции нового пациента (например, TEST) и выбора одного из возможных клинических протоколов исследования головного мозга (например, Brain HCT) необходимо в режиме топограммы (режим Scano) выполнить следующие действия: зафиксировать рентгеновский излучатель в верхнем положении (для параметра Scano Angle выбрать из раскрывающегося списка значение TOP(0)), задать значение анодного напряжения, например 120 кВ (для параметра kV выбрать значение 120), задать значение силы анодного тока, например 50 мА (для параметра mA выбрать значение 50), установить величину перемещения стола пациента, например 240 мм (для параметра Range задать значение 240), обеспечить начальное положение стола, а также направление его перемещения в сторону, противоположную направлению к гентри (для параметра Direction выбрать значение OUT). Далее устанавливается измерительный прибор в нижней части апертуры гентри (для точного позиционирования прибора напротив излучателя используется лазерный центратор). После этого необходимо нажать на кнопку «Confirm», а далее, спустя несколько секунд, нажать на кнопку включения экспозиции на консоли оператора (как только она станет активной).

На рисунке 2 показаны результаты оценки

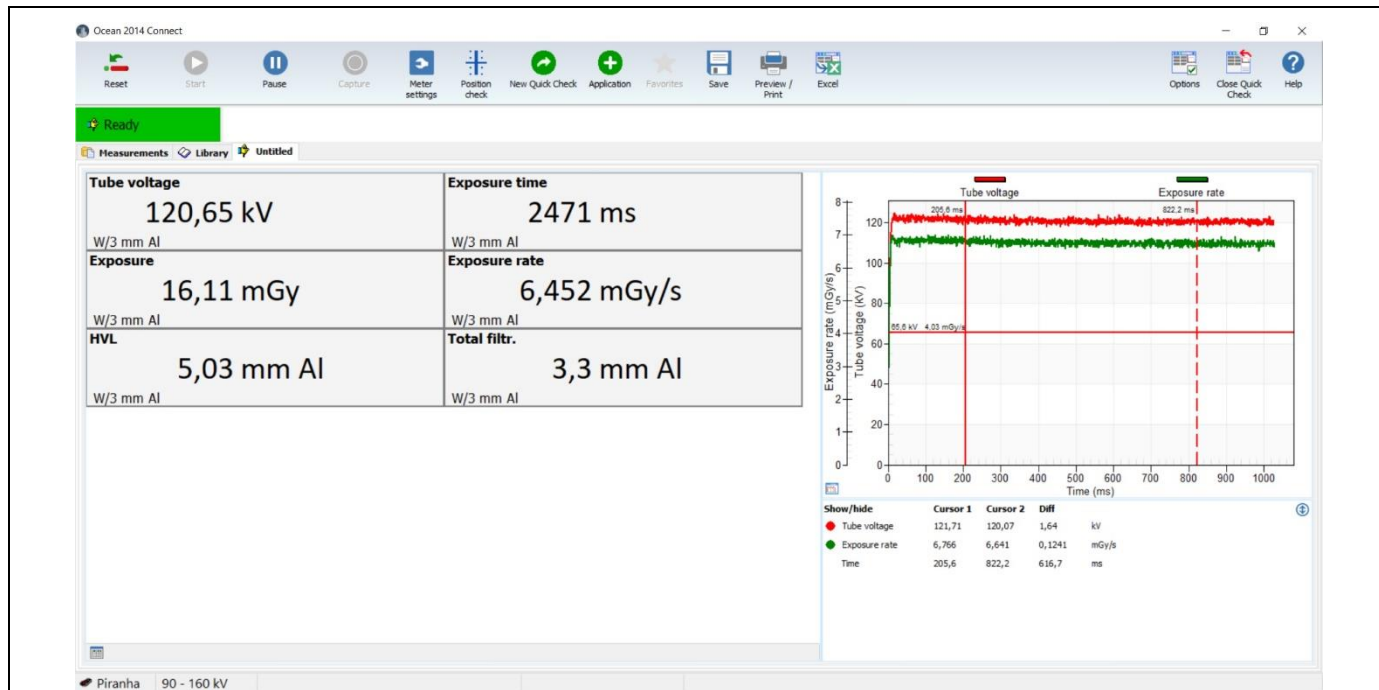


Рис. 2 (Fig. 2)

Рис. 2. Окно программы Ocean 2014 с результатами оценки электрических и радиационных характеристик КТ.

Fig. 2. Window of the Ocean 2014 program with the results of CT electrical and radiation characteristics evaluation.

электрических и радиационных характеристик данного КТ, полученные с помощью измерительного прибора Piranha R&F/M 657 (измеренные значения отображаются на экране ноутбука, на котором установлено программное обеспечение Ocean 2014, необходимое для визуализации результатов измерений при использовании прибора).

Как видно из рисунка, измеренное значение анодного напряжения составляет 120,65 кВ, длительности экспозиции – 2471 мс, кермы (поглощенной дозы в воздухе) – 16,11 мГр, мощности кермы – 6,452 мГр/с, слоя половинного ослабления – 5,03 мм Al, суммарной фильтрации рентгеновского излучения – 3,3 мм Al. Также на данном рисунке представлен график изменения во времени мгновенных значений анодного напряжения (функция отображается красным цветом), используя который можно при необходимости оценить уровень пульсаций анодного напряжения.

Выводы.

Исходя из представленных данных, можно сделать следующие основные выводы:

1. Предложенная методика оценки основных электрических и радиационных характеристик КТ позволяет проводить испытания неинвазивно (без снятия защитных кожухов аппарата и без подключения к его высоковольтной це-

пи питания), а также без привлечения организаций, осуществляющих техническое обслуживание и/или ремонт оборудования. Данный факт позволяет исключить дополнительные организационные усилия и финансовые затраты со стороны администрации ЛПУ на привлечение к испытаниям специалистов сторонних организаций.

2. Поскольку испытания проводятся в условиях клиники, то в любой момент времени они могут быть приостановлены для экстренного приема пациента. Временной интервал от момента приостановки испытаний до начала клинического исследования пациента не превышает 5 минут.

3. Время, необходимое для оценки электрических и радиационных характеристик КТ при использовании предложенной методики, составляет порядка 30-40 минут. Таким образом, процесс контроля характеристик КТ очень несущественно влияет на график приема пациентов в ЛПУ.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Список Литературы:

1. ГОСТ Р МЭК 61223-3-5-2008. Оценка и контроль эксплуатационных параметров в отделениях лучевой диагностики. Часть 3-5. Приемочные испытания. Оценка эксплуатационных характеристик рентгеновской аппаратуры для компьютерной томографии; 2008 (IEC 61223-3-5 Evaluation and routine testing in medical imaging departments — Part 3-5: Acceptance tests — Imaging performance of computed tomography X-ray equipment; 2004).
2. Санитарные правила и нормы «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских аппаратов и проведению рентгенологических исследований. СанПиН 2.6.1.1192-03». Роспотребнадзор; 2003.

References:

1. IEC 61223-3-5 Evaluation and routine testing in medical imaging departments. Part 3-5: Acceptance tests — Imaging performance of computed tomography X-ray equipment; 2004 (in Russian).
2. Sanitary rules and norms “Hygienic requirements for the design and operation of x-ray machines and the conduct of X-ray studies. SanPiN 2.6.1.1192-03. Rospotrebnadzor, 2003 (in Russian).
3. Technical passport for x-ray diagnostic room. Ministry of

3. Технический паспорт на рентгеновский диагностический кабинет. Минздрав России; 2002.
4. Федеральный закон «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» от 28.12.2013г. № 412-ФЗ.
5. Календер В. Компьютерная томография. Основы, техника, качество изображений и области клинического использования. Москва: Техносфера; 2006.
6. Терновой С.К. Основы лучевой диагностики и терапии: национальное руководство. гл. ред. акад. РАМН. М., ГЭОТАР-Медиа, 2012. 992 с.

- Health of Russia, 2002 (in Russian).
4. Federal Law, On Accreditation in the National Accreditation System, dated 12.28.2013. No. 412-FZ (in Russian).
5. Kalender V. Computed tomography. Fundamentals, technique, image quality and areas of clinical use. Moscow, Technosphere, 2006 (in Russian).
6. Ternovoy S.K. Fundamentals of radiation diagnostics and therapy: national guide, chap. ed. Acad. RAMS. M., GEOTAR-Media, 2012. 992 p. (in Russian).