

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**



26 июня 2006 г.

Регистрационный № 192-1205

**ПРОТОКОЛ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА РАБОТЫ
РЕНТГЕНОВСКИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТОМОГРАФОВ**

Инструкция по применению

Учреждение-разработчик: Научно-исследовательский институт онкологии и
медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова

Авторы: д-р техн. наук, проф. И.Г. Тарутин, С.А. Хоружик, канд. мед. наук,
доц. Г.В. Чиж

1. ВВЕДЕНИЕ

Рентгеновская компьютерная томография (КТ) была введена в клиническую практику в 1972 г. и стала значительным шагом в рентгенодиагностике, впервые позволив прижизненно получить поперечные срезы тела человека. Современные спиральные и многосрезовые (мультиспиральные) компьютерные томографы обладают улучшенной пространственной, контрастной и временной разрешающей способностью, что сделало возможным трехмерную визуализацию. В то же время доза облучения пациентов при КТ существенно выше доз при рентгенографии. Хотя доля КТ-исследований среди всех рентгенодиагностических процедур не превышает 4%, их вклад в коллективную дозу облучения населения в некоторых странах достигает 40 %.

Важной сферой применения рентгеновских компьютерных томографов является подготовка онкологических больных к проведению лучевой терапии злокачественных опухолей. КТ-исследования, используемые в предлучевой подготовке, существенно отличаются от диагностических. Если в лучевой диагностике главной задачей является постановка диагноза, то в лучевой терапии перед КТ стоят иные задачи: определение топографо-анатомических взаимоотношений опухоли и окружающих нормальных тканей, привязка внутренней структуры тела человека к накожным меткам, передача данных в компьютерную систему планирования дистанционного или контактного облучения, а также мониторинг эффективности лечения.

Практически каждый КТ-сканер, используемый в предлучевой подготовке, может решать диагностические задачи. Но не любой диагностический компьютерный томограф может быть использован в лучевой терапии. С этим связано появление в клиниках разных компьютерных томографов для диагностических и радиотерапевтических отделений.

Компьютерные томографы для лучевой терапии имеют увеличенный диаметр апертуры гентри (80–85 см), в то время как у диагностических сканеров диаметр апертуры обычно составляет 70 см. Первые имеют две заменяемые деки стола – вогнутую и плоскую, вторые – только вогнутую. Плоская дека соответствует конфигурации столов радиотерапевтических аппаратов. Увеличенный диаметр апертуры гентри вместе с расширенным полем обзора позволяет производить сканирование в том же положении пациента, в котором он будет облучаться, и получать при этом замкнутый контур тела. Необходимость визуализации контура тела пациента - еще одно отличие КТ-исследований для целей планирования лучевой терапии от диагностических исследований.

Главным методом радиационной защиты пациентов при проведении рентгеновской компьютерной томографии является постоянное соблюдение гарантии качества КТ-исследования. Одним из основных элементов гарантии

качества, наряду с применением оптимальных методик КТ-исследований, является контроль качества работы компьютерного томографа.

По сравнению с традиционной рентгенодиагностикой для КТ характерно большее количество технических параметров аппарата и настраиваемых пользователем параметров исследования, изменение которых может существенно повлиять на качество изображения и дозу облучения. Соответственно имеется необходимость определить перечень этих параметров и описать методики их контроля.

Под контролем качества рентгеновских компьютерных томографов понимаются количественные или качественные измерения (тесты) параметров работы оборудования с целью определения их соответствия существующим нормативам и техническим условиям на аппарат. Результаты контроля технических характеристик компьютерного томографа должны служить основой для принятия решения о необходимости и объеме проведения внепланового технического обслуживания, ремонта или более тщательной диагностики состояния сканера.

Настоящий документ является составной частью системы контроля качества медицинского оборудования, использование которого связано с лучевой нагрузкой.

Протокол создан по заданию 03.20 «Разработать новые методические приемы по снижению дозы на пациентов при лучевой терапии онкологических больных», включенному в подпрограмму «Онкология». Создание протоколов качества радиологического оборудования предусмотрено также Программой «Ограничение медицинского облучения населения», принятой Постановлением МЗ РБ № 20 от 09.06.2000 [1].

Протокол разработан на основе анализа существующих протоколов других стран мира, а также рекомендаций международных организаций [2–7].

Протокол содержит перечень и методики проверки характеристик при приемке компьютерного томографа в эксплуатацию после каждой модернизации аппарата, которая может повлиять на дозу облучения и качество изображения, например, после замены рентгеновской трубки, и определяет порядок периодических проверок характеристик компьютерных томографов.

Настоящий протокол не распространяется на проверку технических характеристик аппаратов, не связанных непосредственно с дозой облучения пациентов и предусмотренных инструкциями по эксплуатации, входящими в комплект технической документации.

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПОДЛЕЖАЩИЕ КОНТРОЛЮ

Контролю на рентгеновских компьютерных томографах подвергаются следующие группы характеристик:

- система радиационной безопасности;
- электромеханические характеристики сканера;
- качество изображения;
- дозиметрические характеристики.

Для наглядности название каждой контролируемой характеристики, ее допустимое отклонение и частота проверки представлены в виде таблицы.

2.1. Система радиационной безопасности

На рентгеновских компьютерных томографах проверяются следующие устройства, контролирующие радиационную безопасность:

- информационные табло и сигнальные лампочки;
- громкоговорящая связь;
- дверные блокировки;
- аварийные выключатели излучения.

2.1.1. Информационные табло и сигнальные лампочки

Информационные табло с надписью «Не входить» располагаются рядом с дверью в процедурное помещение и сигнализируют о включении излучения. Сигнальные лампочки, загорающиеся при включении излучения, располагаются на управляющей консоли томографа.

Контролируемая характеристика	Допустимое отклонение	Частота проверки
Информационные табло	Должны функционировать	Ежедневно в процессе работы
Сигнальные лампочки	Должны функционировать	Ежедневно в процессе работы

2.1.2. Громкоговорящая связь

Между оператором за управляющей консолью и пациентом в процедурном помещении существует двухсторонняя звуковая связь посредством встроенных микрофонов.

Контролируемая характеристика	Допустимое отклонение	Частота проверки
Громкоговорящая связь оператора с пациентом	Должна функционировать	Ежедневно в процессе работы
Громкоговорящая связь пациента с	Должна функционировать	Ежедневно в процессе работы

оператором		
------------	--	--

2.1.3. Дверные блокировки

Дверная блокировка устанавливается на входе в процедурное помещение и служит для выключения излучения при открытии двери.

Контролируемая характеристика	Допустимое отклонение	Частота проверки
Дверные блокировки	Должны функционировать	Ежеквартально

2.1.4. Аварийные выключатели

Аварийные выключатели (красные кнопки, кнопки с надписью «STOP») располагаются на управляющей консоли томографа и по бокам гентри. При нажатии кнопки аварийного выключения прекращаются излучение и все перемещения в системе. При этом деблокируется стол пациента и его можно выдвинуть вручную. Для продолжения работы необходимо провести деблокировку в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

Контролируемая характеристика	Допустимое отклонение	Частота проверки
Аварийные выключатели	Должны функционировать	Ежеквартально

2.2. Электромеханические характеристики сканера

На рентгеновских компьютерных томографах проверяются следующие электромеханические характеристики сканера:

- система световой локализации;
- точность движений стола;
- наклон гентри.

2.2.1. Система световой локализации

В компьютерных томографах имеется система наружных и внутренних световых лучей, также называемых лазерами, используемых для укладки пациента и планирования уровня исследования. Внутренний луч находится внутри апертуры гентри и должен строго соответствовать плоскости первого среза. Наружный луч находится на определенном постоянном расстоянии от внутреннего и служит для более удобной укладки пациента. При укладке наружный луч устанавливают на уровне начала сканирования, после чего нажатием специальной кнопки на клавиатуре гентри стол передвигают в положение, при котором выставленный уровень начала сканирования должен точно совпасть с внутренним световым лучом.

При нарушении правильного взаимного расположения внутреннего и наружного световых лучей, равно как и при несоответствии внутреннего луча плоскости первого среза, сканирование пациента будет происходить не точно с того места, которое установлено при укладке пациента. Точное и воспроизводимое положение световых лучей имеет особенно большое значение в случае использования компьютерного томографа для планирования лучевой терапии.

Контролируемая характеристика	Допустимое отклонение	Частота проверки
Взаимное расположение внутреннего и наружного световых лучей	± 2 мм	Ежеквартально
Совпадение внутреннего светового луча и плоскости среза	± 2 мм	Ежеквартально

2.2.2. Точность движений стола

Движение стола пациента может осуществляться при нажатии соответствующих кнопок на клавиатуре гентри в процедурном помещении или в автоматическом режиме при задании программы с консоли оператора томографа. Расстояние, проходимое столом, должно совпадать с показаниями электронного табло гентри, а в автоматическом режиме – также с заданным оператором перемещением стола.

Неточность сдвига стола может привести к неправильному воспроизведению пространственных взаимоотношений, например к искажению истинных размеров объектов. В лучевой терапии опасным следствием погрешностей сдвига стола может быть несоответствие спланированных объемов облучения истинным топографо-анатомическим взаимоотношениям опухоли и окружающих структур.

Контролируемая характеристика	Допустимое отклонение	Частота проверки
Соответствие сдвига стола показаниям электронного табло гентри	± 1 мм	Ежегодно
Точность автоматического сдвига стола	± 1 мм	Ежегодно

2.2.3. Наклон гентри

Наклон гентри, как правило, не используется при планировании лучевой терапии. Поэтому проверка точности наклона гентри имеет наибольшее значение для диагностических сканеров. В сканерах для лучевой терапии большее значение имеет возвращение гентри к строго вертикальному положению после его наклона.

В случае несоответствия показаний электронного табло гентри и реального угла наклона при исследовании, например, головного мозга может произойти нежелательное облучение хрусталиков глаз.

Контролируемая характеристика	Допустимое отклонение	Частота проверки
Наклон гентри	$\pm 1^\circ$	Ежегодно

2.3. Качество изображения

КТ-изображение является пространственным отображением коэффициентов ослабления рентгеновского излучения тканями, пересчитанных в единицы Хаунсфилда, в поперечном срезе заданной толщины. Точность этого отображения ограничена конструктивными особенностями компонентов КТ-сканера, в основном генератора и детектора рентгеновского излучения. Качество изображения непосредственно влияет на качество диагностики.

В предлучевой подготовке возможность точного нанесения контура опухоли и критических структур также напрямую связана с качеством изображения. Низкое качество изображения может привести к исключению части опухоли из облучаемого объема или ошибочному включению нормальных тканей в объем облучения.

На рентгеновских компьютерных томографах проверяются следующие параметры качества изображения:

- КТ-число, однородность и шум в однородной среде;
- КТ-числа различных материалов;
- пространственная разрешающая способность;
- контрастная разрешающая способность;
- толщина среза;
- измерение расстояний.

2.3.1. КТ-число, однородность и шум в однородной среде

В процессе реконструкции КТ-изображений измеренные сканирующей системой коэффициенты ослабления рентгеновского излучения пересчитываются в единицы Хаунсфилда (англ. Hounsfield Units, HU), называемые также КТ-числом. Шкала КТ-чисел (шкала Хаунсфилда) имеет две фиксированные точки: воздух с КТ-числом -1000 HU и вода с КТ-числом 0 HU,

относительно которых распределяются плотности всех остальных тканей и сред. Производителями каждого КТ-сканера эти точки устанавливаются с большой точностью с помощью фантомных измерений при всех возможных значениях напряжения в рентгеновской трубке и фильтрации рентгеновского излучения [8]. Поскольку измерение плотностей тканей и объектов является одним из основных количественных показателей в КТ, необходимо периодически контролировать постоянство и однородность КТ-чисел. Принято контролировать КТ-число воды.

Под однородностью понимается равенство измеренных значений КТ-чисел в различных участках однородного объекта. Причиной неоднородности служит сама природа рентгеновского излучения, которое не является моноэнергетическим. По мере прохождения через объект средняя энергия излучения возрастает, так как мягкое излучение поглощается поверхностно расположенными тканями. Еще одна причина неоднородности – артефакты, т. е. элементы КТ-изображения, не соответствующие внутренней структуре объекта. Причинами артефактов являются ошибки измерений и реконструкции изображений. Наличие на изображении кольцевидных артефактов говорит о неправильной работе отдельных детекторных элементов или алгоритма реконструкции.

Под шумом КТ-изображения понимается изменение плотности в пределах определенного участка (зоны интереса) однородной среды, которое не несет полезной информации. Количественно уровень шума оценивается по стандартному отклонению КТ-чисел в зоне интереса на изображении однородного вещества.

Уровень шума зависит от количества фотонов, достигающих детектора, т. е. дозы облучения: больше доза – меньше шум. Соответственно отклонение уровня шума от первоначальных значений может говорить об изменении параметров работы рентгеновской трубки, детектора, коллиматоров, фильтрации луча, а также параметров реконструкции изображений и является наиболее чувствительным показателем нарушений в работе КТ-сканера. Изменение уровня шума, выявленное при периодических проверках, должно послужить поводом к более детальному тестированию системы.

Неоднородность, не обусловленная структурой самого объекта, и шум снижают диагностическую ценность КТ-изображений и могут исказить расчет распределения дозы при планировании лучевой терапии. Особенно негативно повышение уровня шума сказывается на визуализации низкоконтрастных объектов, например при КТ-исследованиях мягких тканей.

Контролируемая характеристика	Допустимое отклонение	Частота проверки
КТ-число воды	0 ± 4 HU	Ежеквартально
Однородность	± 4 HU	Ежеквартально
Шум	В соответствии с технической документацией на аппарат, но не более 15 HU	Ежеквартально

2.3.2. КТ-числа различных материалов

КТ-система должна правильно воспроизводить плотности тканей в широком диапазоне. При этом рассчитываемое системой реконструкции изображений КТ-число должно изменяться пропорционально изменению коэффициента абсорбции рентгеновского излучения тканями, что называется линейностью. Это означает, что при увеличении коэффициента абсорбции в n раз КТ-число должно увеличиться также в n раз. На практике влияние на КТ-число оказывают ряд дополнительных факторов, таких как напряжение в рентгеновской трубке и фильтрация луча. Изменение спектра рентгеновского излучения может больше сказаться на одном участке шкалы Хаунсфилда, чем на других. Поэтому важно проверить стабильность во времени КТ-чисел объектов, представляющих различные участки шкалы плотностей Хаунсфилда.

Стабильность КТ-чисел важна для диагностики, но еще больше – для планирования лучевой терапии. В последнем случае значения КТ-чисел пересчитываются компьютерной системой планирования облучения в электронную плотность тканей, на основании которой происходит расчет распределения поглощенной дозы в теле пациента. Нестабильность работы томографа (изменение спектр рентгеновского излучения) может привести к погрешностям в планировании лучевой терапии и, как следствие, снизить ее эффективность и увеличить частоту осложнений.

Контролируемая характеристика	Допустимое отклонение	Частота проверки
КТ-числа различных материалов	± 4 HU	Ежегодно

2.3.3. Пространственная разрешающая способность

Пространственная разрешающая способность характеризует возможность отдельной визуализации деталей КТ-изображения, плотность которых отличается более чем на 100 HU. Поэтому она также называется разрешающей способностью при высокой контрастности или высококонтрастной

разрешающей способностью. Высокая пространственная разрешающая способность важна для визуализации мелких деталей (структуры) объектов, в частности при КТ-исследованиях костей, паренхимы легких, КТ-ангиографии.

Пространственная разрешающая способность выражается в парах линий в см (пл/см) и ограничивается размером минимального элемента изображения – пикселя (англ. picture element, pixel). Различить детали изображения менее размера пикселя при КТ-исследовании невозможно.

Размер пикселя определяют делением величины реконструированного поля обзора (варьирует в широких пределах, обычно от 10 до 65 см) на размер матрицы реконструкции изображений (обычно 512×512). Так, при матрице 512×512 и реконструированном поле обзора 30 см размер пикселя составит $30/512 \approx 0,6$ мм. Тогда размер пары объектов наименьшего размера (равного размеру пикселя) составит $0,6 \times 2 = 1,2$ мм. В этом случае пространственная разрешающая способность равна $10/1,2 \approx 8,3$ пл/см. В современных КТ-сканерах пространственная разрешающая способность может достигать 25 пл/см [8].

Контролируемая характеристика	Допустимое отклонение	Частота проверки
Пространственная разрешающая способность	В соответствии с технической документацией на аппарат и фантом	Ежегодно

2.3.4. Контрастная разрешающая способность

Контрастная разрешающая способность характеризует возможность отдельной визуализации деталей КТ-изображения, плотность которых незначительно отличается от окружающего фона. Поэтому она также называется разрешающей способностью при низкой контрастности или низкоконтрастной разрешающей способностью. Высокая контрастная разрешающая способность имеет наибольшее значение при КТ-исследованиях мягких тканей. Для искусственного повышения контрастной разрешающей способности используют внутривенное введение контрастных веществ.

Контрастная разрешающая способность в значительной степени определяется уровнем шума и лишь незначительно зависит от энергии рентгеновского излучения. Поскольку шум легко измерить (см. п. 3.3.1.3), проверка контрастной разрешающей способности рекомендуется только при приемке томографа в эксплуатацию и после его модернизации.

Контролируемая характеристика	Допустимое отклонение	Частота проверки
--------------------------------------	------------------------------	-------------------------

Контрастная Разрешающая способность	В соответствии с технической документацией на аппарат и фантом	При приемке в эксплуатацию и после модернизации
-------------------------------------	--	---

2.3.5. Толщина среза

Толщина среза определяется согласованной работой коллиматора рентгеновской трубки («коллимация перед пациентом») и коллиматора детекторов («коллимация после пациента»). Толщина среза определяет разрешающую способность в направлении сканирования. Тонкие срезы характеризуются повышенным уровнем шума, информативность толстых срезов снижается вследствие артефакта усреднения.

Контролируемая характеристика	Допустимое отклонение	Частота проверки
Толщина среза	± 1 мм, но не более 50 %	Ежегодно

2.3.6. Измерение расстояний

Размеры объектов на КТ-сканах определяют с помощью электронного средства измерения расстояний. Для диагностики и планирования лучевой терапии важно, чтобы реальные геометрические взаимоотношения в сканируемом объекте не нарушались. Геометрические неточности могут привести к искажению планов лучевой терапии – неправильному расчету дозиметрического распределения или облучению не тех областей.

Контролируемая характеристика	Допустимое отклонение	Частота проверки
Измерение расстояний	± 1 мм	Ежеквартально

2.4. Дозиметрические характеристики

В рентгеновской компьютерной томографии наибольшее практическое значение имеют две дозиметрические характеристики: компьютерно-томографический индекс дозы и произведение доза–объем.

Компьютерно-томографический индекс дозы (англ. Computed Tomography Dose Index, CTDI) служит мерой поглощенной дозы излучения в одном томографическом срезе за полный оборот рентгеновской трубки. CTDI принято измерять в последовательном режиме сканирования. Произведение доза–объем (англ. Dose Length Product, DLP) характеризует поглощенную дозу с учетом длины зоны сканирования.

Изменение параметров сканирования (мАс, кВ, время ротации, сдвиг стола за полную ротацию рентгеновской трубки, коллимация, приемы

модуляции дозы) автоматически приводит к изменению CTDI. По современным требованиям КТ-сканеры должны в реальном времени выдавать на экране монитора значение CTDI_w, вычисляемое как 1/3 CTDI в центре фантома и 2/3 CTDI на его периферии. В процессе планирования КТ-исследования оператор видит, как изменяется значение CTDI_w при изменении параметров исследования, что позволяет планировать текущее исследование и создавать собственные протоколы с учетом необходимости ограничения дозы облучения пациента. Таким образом, определение CTDI_w является эффективным средством оптимизации протоколов исследования с целью снижения облучения пациентов.

Вместе с тем, CTDI и DLP не являются мерой дозы облучения данного конкретного пациента, для чего используется эффективная доза облучения. Так, при исследовании полного и худого пациентов CTDI и DLP будут одинаковы, поскольку зависят только от параметров протокола исследования и не зависят от характеристик самого пациента, в то время как полный пациент получит большую дозу, чем худой.

Дозиметрические характеристики работы КТ-сканера должны оставаться стабильными во времени. Для контроля стабильности работы КТ-сканера определение показателя CTDI_w является достаточным.

Контролируемая характеристика	Допустимое отклонение	Частота проверки
CTDI _w	± 20 %	Ежегодно

3. МЕТОДИКИ ПРОВЕРКИ

В данном разделе описаны методики проверки характеристик компьютерного томографа. В соответствии с принятой практикой большинство тестов выполняют в последовательном режиме сканирования, в том числе на спиральных и многосрезовых КТ-сканерах. Многие характеристики можно проверить несколькими способами. В этом случае вначале приводится наиболее предпочтительная из методик проверки.

Вместе с КТ-сканером обычно поставляется набор фантомов и встроенное программное обеспечение для контроля основных параметров. Полный перечень необходимого оборудования для контроля качества компьютерных томографов представлен в Приложении А. Примером многосекционного фантома, позволяющего осуществить все тесты контроля качества компьютерных томографов, является фантом Catphan.

Важные замечания:

1. Во всех тестах, в которых необходимо произвести сканирование, следует использовать стандартные и фиксированные (постоянные) параметры сканирования.

2. «Стандартные» – это наиболее часто используемые при обследовании пациентов параметры сканирования. Рекомендуется использовать параметры КТ-исследования головы, поскольку большинство фантомов имеют диаметр около 20 см (фантом для головы). Если применяется фантом для туловища (диаметр около 30 см), следует использовать параметры КТ-исследования туловища.

3. Использование «фиксированных» параметров сканирования подразумевает, что при повторно выполняемых тестах должны использоваться те же параметры, что и при впервые выполненном измерении. Это важно для выявления изменения параметра во времени (отклонения от первоначального значения).

4. При приемке КТ-сканера в клиническую эксплуатацию, а также в случаях, когда в качестве допустимого отклонения контролируемого параметра указано «в соответствии с технической документацией на аппарат», следует применять параметры сканирования, которые использовались производителем сканера при проверке данного параметра.

5. Используемые при каждом проведении тестов параметры сканирования и реконструкции изображений (сила тока, напряжение, время ротации, толщина среза, алгоритм реконструкции) должны быть записаны в протоколе.

3.1. Методики проверки системы радиационной безопасности

3.1.1. Проверка информационных табло и сигнальных лампочек

1. Табло с надписью «Не входить» рядом с дверью в процедурное помещение должно автоматически включаться при пуске излучения и выключаться при прекращении излучения.

2. При каждом включении излучения должна загораться сигнальная лампочка на управляющей консоли.

3.1.2. Проверка громкоговорящей связи

1. При нажатии кнопки связи с пациентом находящийся в процедурном помещении в положении сканирования пациент должен слышать команды оператора с управляющей консоли. При нажатии кнопки приема звуковых сигналов оператор за управляющей консолью должен слышать

сообщения пациента, находящегося в положении сканирования в процедурном помещении.

3.1.3. Проверка дверных блокировок

Проверку осуществляют при наличии дверных блокировок.

1. Включить выпуск излучения при открытой двери в процедурное помещение. Аппарат не должен включить излучение.

2. Открыть дверь в процедурное помещение при включенном излучении. Излучение должно прекратиться.

3.1.4. Проверка аварийных выключателей

При нажатии кнопки аварийного выключения излучение и все перемещения в системе (движение стола, гентри) должны прекратиться.

3.2. Методики проверки электромеханических характеристик сканера

3.2.1. Проверка системы световой локализации

3.2.1.1. Взаимное расположение внутреннего и наружного световых лучей

1. Лист бумаги укладывают на столе сканера, проводят на листе линию в соответствии с положением наружного светового луча.

2. Нажатием соответствующей кнопки на клавиатуре гентри выводят стол в положение начала сканирования.

3. Проведенная линия должна совпасть с внутренним световым лучом с точностью ± 2 мм.

3.2.1.2. Совпадение внутреннего светового луча и плоскости среза

1. Лист рентгеновской пленки в светонепроницаемом конверте укладывают на столе сканера в горизонтальном положении, делают на нем 3 булавочных прокола строго по линии внутреннего светового луча.

2. Не сдвигая стол, выполняют единичный скан с минимальной толщиной среза.

3. После проявки рентгеновской пленки определяют совпадение отверстий от булавочных проколов и линии среза, которые должны совпасть с точностью ± 2 мм.

По другой методике используют фантом для проверки толщины среза с двумя закрепленными под углом к плоскости сканирования перекрещивающимися тонкими металлическими пластинами или пластиковый блок с двумя пересекающимися под углом к плоскости сканирования прорезями (бороздками):

1. Фантом устанавливают в положение сканирования таким образом, чтобы внутренний световой луч строго совпадал с линией перекрещивания металлических пластин или прорезей.

2. Не сдвигая стол, выполняют единичный скан с минимальной толщиной среза.

3. При совпадении внутреннего светового луча и плоскости среза на полученном изображении должна присутствовать одна линия. В случае несовпадения внутреннего светового луча и плоскости среза на КТ-изображении будут определяться две линии.

3.2.2. Проверка точности движений стола

3.2.2.1. Соответствие сдвига стола показаниям электронного табло гентри

1. Метровую измерительную ленту укладывают на столе пациента строго по продольному световому лучу (лазеру), выставляют наружный световой луч по отметке «0 см» на измерительной ленте.

2. Используя клавиатуру гентри, вдвигают стол в отверстие гентри на 20 см в соответствии с показаниями электронного табло.

3. Наружный световой луч должен находиться на отметке «20 см» на измерительной ленте с точностью ± 1 мм.

4. Тест повторяют, вдвигая стол на 40 и 60 см внутрь гентри, а затем выдвигая из него на 20, 40 и 60 см.

3.2.2.2. Точность автоматического сдвига стола

Тест проводится аналогично описанному в п. 3.2.2.1, однако движения стола осуществляют в автоматическом режиме с консоли оператора.

Согласно другой методике:

1. Лист рентгеновской пленки в светонепроницаемом конверте укладывают на столе пациента.

2. Производят сканирование тонкими одиночными срезами с заданным (разным) расстоянием между ними, превышающим толщину среза.

3. Проявляют пленку и измеряют расстояние между серединами засвеченных полосок.

4. Расстояние между срезами должно соответствовать заданному с точностью ± 1 мм.

Описанные тесты проверяют точность автоматического сдвига стола при сканировании в последовательном режиме. На спиральных компьютерных томографах дополнительно может быть осуществлена проверка точности движений стола при сканировании в спиральном режиме. Для этого необходим

плексигласовый блок с двумя металлическими метками, расположенными на известном расстоянии друг от друга, например 20 см.

1. Блок укладывают на столе таким образом, чтобы обе метки находились на одной линии строго по продольному световому лучу.

2. Устанавливают начало сканирования по первой метке в плексигласовом блоке.

3. Задают зону сканирования длиной, равной расстоянию между метками.

4. Производят сканирование в спиральном режиме.

5. На полученных КТ-изображениях первая метка должна присутствовать на первом изображении, вторая – на последнем.

3.2.3. Проверка наклона гентри

1. Лист рентгеновской пленки в светонепроницаемом конверте закрепляют на столе пациента в сагиттальной плоскости (строго вертикально под уровень). Для этого можно использовать плексигласовый блок с вертикальной прорезью.

2. Не сдвигая стол, выполняют 3 скана с минимальной толщиной среза: без наклона гентри, при максимальном угле наклона гентри в одну и в другую сторону.

3. После проявки рентгеновской пленки измеряют углы между срезами, полученными при наклоне гентри в обе стороны, и линией среза, выполненного без наклона гентри.

4. Измеренные значения должны совпасть с показаниями на электронном табло гентри с точностью $\pm 1^\circ$.

Можно использовать упрощенный вариант данного теста:

1. Устанавливают на столе плексигласовый блок (или другой аналогичный предмет) с закрепленным на его боковой поверхности строго в сагиттальной плоскости листом бумаги.

2. Проводят на листе бумаги вертикальную линию в соответствии с положением вертикального светового луча (лазера) и две линии по положению этого же светового луча после наклона гентри в одну и другую сторону.

3. Сверяют измеренные на бумаге углы наклона гентри с показаниями электронного табло.

3.3. Методики проверки качества изображения

3.3.1. Проверка КТ-числа, однородности и шума в однородной среде

Для проведения тестов необходим цилиндрический фантом для проверки однородности, входящий в стандартную комплектацию КТ-сканера. Его

изготавливают из акрила или другого симулирующего воду пластика, либо он может быть полым внутри и заполненным водой. В крайнем случае, можно использовать заполненную водой пластиковую емкость подходящего диаметра (около 20 см для головы) (рис. 1).

3.3.1.1. КТ-число воды

1. Поместить фантом в центр апертуры гентри.
2. Выполнить одиночный срез при стандартных фиксированных параметрах сканирования.
3. Выделить зону интереса размером около 1 см^2 в центре полученного изображения.
4. Среднее значение HU в выделенной зоне интереса соответствует КТ-числу и должно быть в интервале $0 \pm 4 \text{ HU}$.

3.3.1.2. Однородность

Тест проводится одновременно с измерением КТ-числа (п. 3.3.1.1), однако кроме зоны интереса в центре следует выделить еще четыре зоны интереса по периферии фантома на 0° , 90° , 180° и 270° на расстоянии не менее 1 см от края. Разница между КТ-числом в центре и каждой из четырех периферических зон интереса не должна превышать 4 HU.

3.3.1.3. Шум

Тест проводится одновременно с измерением КТ-числа (п. 3.3.1.1). Стандартное отклонение значений HU в зоне интереса в центре фантома соответствует уровню шума. Обычно уровень шума в однородной среде не превышает 5 HU. Для КТ-сканеров, используемых в диагностике, уровень шума не должен превышать 10 HU, а для сканеров, используемых для планирования лучевой терапии, – 15 HU.

3.3.2. КТ-числа различных материалов

Для проведения теста необходим плексигласовый фантом с вставками различной плотности в широком диапазоне (от -1000 до +1000 HU), например: воздух $\approx -1000 \text{ HU}$, тефлон $\approx +990 \text{ HU}$, акрил $\approx +120 \text{ HU}$, полиэтилен $\approx -90 \text{ HU}$ (рис. 2).

1. Поместить фантом в центр апертуры гентри.
2. Выполнить одиночный срез при стандартных фиксированных параметрах сканирования.
3. Измерить КТ-число для каждого из материалов-вставок. Полученные значения должны соответствовать ранее измеренным с точностью $\pm 4 \text{ HU}$.

3.3.3. Проверка пространственной разрешающей способности

Для проведения теста необходим фантом для проверки пространственной разрешающей способности. Обычно это плексигласовый блок с расположенными по окружности или по прямой линии группами параллельных штриховых объектов (около 5 штрихов в группе) уменьшающегося размера. Каждая группа соответствует значению пространственной разрешающей способности от 1 до 21 пл/см и более (рис. 3).

1. Поместить фантом в центр апертуры гентри.
2. Выполнить одиночный срез при стандартных фиксированных параметрах сканирования.
3. Определить наименьшую по размеру группу штрих-объектов, визуально различимых друг от друга внутри группы. При этом можно использовать функцию зумирования (увеличения без перереконструирования) изображения. Записать соответствующее данной группе значение пространственной разрешающей способности.

Тест можно повторить при сканировании в режиме высокого разрешения. Для этого выбирают меньшую толщину среза (например, 1 мм), изображение реконструируют с высоким (high resolution) кернаем и меньшим полем обзора (например, 15 см).

Недостатком описанной методики визуального определения пространственной разрешающей способности является ее субъективность (зависит от остроты зрения, условий освещения, настройки монитора). Как правило, при периодическом контроле пространственная разрешающая способность должна находиться в интервале $\pm 15\%$ от впервые измеренного значения.

Производителем КТ-сканера может быть предусмотрена иная процедура проверки пространственной разрешающей способности с использованием имеющегося в комплекте специального фантома и программного обеспечения, например расчет функции переноса модуляции.

3.3.4. Проверка контрастной разрешающей способности

Для проведения теста необходим фантом для проверки контрастной разрешающей способности. Обычно это плексигласовый блок с группами объектов (кружков или просверленных отверстий) различной контрастности между группами и уменьшающегося размера внутри каждой группы (рис. 4).

1. Поместить фантом в центр апертуры гентри.
2. Выполнить одиночный срез при стандартных фиксированных параметрах сканирования.

3. В узких параметрах визуализационного окна последовательно изучить каждую группу низкоконтрастных объектов. Выбрать ту группу, в которой один или несколько объектов не визуализируются на окружающем фоне, т. е. сливаются с ним. Записать соответствующую данной группе степень контраста (отличия по плотности от фона) в % и минимальный размер объекта данной группы (в мм), который еще виден на окружающем фоне.

4. Перейти к следующей группе с меньшей контрастностью и повторить те же действия. Результатом теста будет таблица, например:

2% – 0,5 мм

1% – 1 мм

0,5% – 1,5 мм.

Это означает, что объект размером 0,5 мм может быть виден при отличии его плотности от фона на 2 %, объект размером 1 мм – при отличии на 1 % и т. д.

Недостатком данной методики является ее субъективность. В качестве ориентировочных значений могут быть приняты следующие: на КТ-сканерах, используемых для диагностики, – 0,5 % – 5–6 мм, 1 % – 3–4 мм; на КТ-сканерах, используемых для планирования лучевой терапии, – 0,5 % – 8–10 мм, 1 % – 4–6 мм.

Производителем КТ-сканера может быть предусмотрена иная процедура проверки контрастной разрешающей способности с использованием имеющегося в комплекте специального фантома.

3.3.5. Проверка толщины среза

Для проведения теста необходим фантом для проверки толщины среза, в котором имеется одна или две тонкие пластины из алюминия или меди, закрепленные на плексигласовой или деревянной основе под углом 45° к плоскости среза. Пластины могут находиться внутри пластикового блока. Толщина пластин должна быть меньше проверяемой толщины среза. Например, при использовании медной или алюминиевой фольги толщиной 0,1 мм можно проверять срезы толщиной от 1 до 10 мм (рис. 5, а).

1. Поместить фантом в центр апертуры гентри таким образом, чтобы пластины попадали в поле сканирования.

2. Выполнить одиночный срез с заданной (подвергаемой проверке) толщиной при стандартных фиксированных параметрах сканирования.

3. Установить минимальную ширину (width) окна, например 1.

4. Не меняя ширины окна, уменьшать его уровень (центр, level) до тех пор, пока края пластин не начнут сливаться с фоном. Записать это значение уровня окна.

5. Не меняя ширины окна, увеличивать его уровень до тех пор, пока окружающий пластины фон не станет однородно темным, будут видны только пластины. Записать это значение уровня окна.

6. Не меняя ширины окна, установить среднее между двумя полученными значениями его уровня и измерить ширину пластин. Получаемое значение ширины пластины соответствует толщине среза. Если угол наклона пластин к плоскости среза не равен 45° , то полученное значение необходимо умножить на тангенс угла наклона.

Допускается отличие измеренного значения толщины среза от заданного в пределах ± 1 мм, но не более 50 %. Это означает, что, например, при заданном значении толщины среза 3 мм допускается отклонение ± 1 мм, а при заданном значении 0,5 мм отклонение должно быть в пределах $\pm 0,25$ мм.

При наличии в программном обеспечении компьютерного томографа функции построения профиля плотностей можно использовать следующую методику проверки толщины среза (рис. 5):

1. Поместить фантом в центр апертуры гентри таким образом, чтобы пластины попадали в поле сканирования.

2. Выполнить одиночный срез проверяемой толщины при стандартных фиксированных параметрах сканирования.

3. Построить профиль плотностей по линии, перпендикулярной изображению пластины.

4. Ширина кривой профиля на уровне середины его высоты (англ. full width at half maximum, FWHM) соответствует измеряемой толщине среза.

3.3.6. Проверка измерения расстояний

Для проведения теста необходим водный или плексигласовый фантом, в котором на известном расстоянии находятся маркеры, например металлическая проволока или просверленные отверстия. В качестве фантома можно использовать любой другой объект, не вызывающий артефакты, с известными размерами.

Методика проверки:

1. Поместить фантом в центр апертуры гентри.

2. Выполнить сканирование.
3. С помощью электронного средства измерения расстояний измерить расстояния между маркерами. Измеренные расстояния должны совпасть с известными с точностью ± 1 мм.
4. В случае использования томографа в предлучевой подготовке, передать полученные изображения для измерения расстояний в программу планирования лучевой терапии.

3.4. Методика проверки дозиметрических характеристик

Для проведения теста необходимы: дозиметрические плексигласовые фантомы для головы (диаметр 16 см) и туловища (диаметр 32 см) шириной не менее 14 см с отверстиями в центре и четырех периферических точках на 0° , 90° , 180° и 270° на расстоянии 1 см от края; ионизационная камера диаметром около 1 см, длиной около 14 см и активной зоной длиной 10 см; дозиметр для измерения CTDI (рис. 6).

1. Поместить фантом для головы в центр апертуры гентри.
2. Установить ионизационную камеру в центральное отверстие фантома, остальные отверстия заполнить плексигласовыми вставками. Центр активной зоны ионизационной камеры должен совпадать с серединой среза.
3. Выполнить одиночный срез при стандартных фиксированных параметрах исследования головы в последовательном режиме сканирования
4. Снять показания дозиметра. Получаем значение CTDI в центре фантома – CTDI_c.
5. Последовательно повторить сканирование с теми же параметрами, расположив ионизационную камеру в каждом из четырех периферических отверстий. Выбрать наибольшее из измеренных значений, в результате чего получим значение CTDI на периферии фантома – CTDI_p.

6. Вычислить взвешенное значение CTDI_w по формуле:

$$CTDI_w = \frac{1}{3}CTDI_c + \frac{2}{3}CTDI_p$$

7. Повторить тест с фантомом для туловища, используя при этом стандартные фиксированные параметры исследования туловища.

Можно также проверить CTDI_w при других параметрах исследования, например в низкодозном режиме сканирования органов грудной полости.

Допускается отклонение измеренного значения $CTDI_w$ в пределах $\pm 20\%$ от показываемого сканером для данного протокола КТ-исследования или от впервые измеренного значения, если сканер не показывает значение $CTDI_w$.

4. КОНТРОЛЬ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ПРИЕМКЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ТОМОГРАФА В КЛИНИЧЕСКУЮ ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Проверка характеристик рентгеновского компьютерного томографа при приемке в клиническую эксплуатацию осуществляется с целью определения их соответствия значениям, заявленным в технической документации на аппарат. При этом измеренные значения контролируемых параметров сравнивают с указанными в технической документации на аппарат.

Проверка характеристик аппарата при приемке в эксплуатацию осуществляется персоналом учреждения, принимающим аппарат, совместно с представителями фирмы-поставщика или завода-изготовителя компьютерного томографа. При **приемке в эксплуатацию**, а также после каждой модернизации аппарата, например, после замены рентгеновской трубки, проверяют:

1. Характеристики системы радиационной безопасности:
 - информационные табло и сигнальные лампочки (п. 3.1.1);
 - громкоговорящую связь (3.1.2);
 - дверные блокировки (п. 3.1.3);
 - аварийные выключатели (п. 3.1.4).
2. Электромеханические характеристики сканера:
 - взаимное расположение внутреннего и наружного световых лучей (п. 3.2.1.1);
 - совпадение внутреннего светового луча и плоскости среза (п. 3.2.1.2);
 - соответствие сдвига стола показаниям электронного табло гентри (п. 3.2.2.1);
 - точность автоматического сдвига стола (п. 3.2.2.2);
 - наклон гентри (п. 3.2.3).
3. Показатели качества изображения:
 - КТ-число воды (п. 3.3.1.1);
 - однородность (п. 3.3.1.2);
 - шум (п. 3.3.1.3);

- КТ-числа различных материалов (п. 3.3.2);
- пространственная разрешающая способность (п. 3.3.3);
- контрастная разрешающая способность (п. 3.3.4);
- толщина среза (п. 3.3.5);
- измерение расстояний (п. 3.3.6).

4. Дозиметрические характеристики:

- CTDI_w (п. 3.4).

Результаты оформляются протоколом, форма которого представлена в Приложении Б, и сохраняются для проверок контролирующими ведомствами.

Другие способы документации результатов тестов:

- рентгеновские пленки, использованные при проведении некоторых тестов;
- КТ-изображения в электронном виде, зарегистрировав для этого пациента с именем TEST, записать их на компакт-диск и отснять на пленку.

5. ПЕРИОДИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПЬЮТЕРНОГО ТОМОГРАФА В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Целью периодического контроля рентгеновских компьютерных томографов является проверка постоянного соответствия характеристик томографа существующим требованиям. Другими словами, контролируемые параметры должны быть стабильными во времени. При периодическом контроле сравнивают измеренные значения параметров с впервые установленными при приемке сканера в эксплуатацию или при впервые проведенных измерениях.

Контроль качества работы компьютерных томографов, используемых в предлучевой подготовке, является составным элементом программы гарантии качества лучевой терапии злокачественных опухолей.

Периодический контроль подразделяется на ежедневный, ежеквартальный и ежегодный. Каждый из видов контроля включает проверку ряда характеристик, осуществляемую:

- при ежедневном контроле – медицинским персоналом, работающим на аппарате;

- при ежеквартальном контроле – техническим персоналом учреждения, эксплуатирующего аппарат;

- при ежегодном контроле – техническим персоналом учреждения, эксплуатирующего аппарат, и инженерами по контролю качества (медицинскими физиками).

Периодический контроль качества компьютерного томографа не заменяет техническое обслуживание аппарата, которое осуществляется в соответствии с техническими требованиями, изложенными в инструкции по эксплуатации, и сервисными договорами (контрактами).

При **ежедневном контроле** проверяются характеристики системы радиационной безопасности:

- информационные табло и сигнальные лампочки (п. 3.1.1);
- громкоговорящая связь (п. 3.1.2).

При **ежеквартальном контроле** проверяют:

1. Характеристики системы радиационной безопасности:

- информационные табло и сигнальные лампочки (п. 3.1.1);
- громкоговорящая связь (п. 3.1.2);
- дверные блокировки (п. 3.1.3);
- аварийные выключатели (п. 3.1.4).

2. Электромеханические характеристики сканера:

- взаимное расположение внутреннего и наружного световых лучей (п. 3.2.1.1);
- совпадение внутреннего светового луча и плоскости среза (п. 3.2.1.2).

3. Показатели качества изображения:

- КТ-число воды (п. 3.3.1.1);
- однородность (п. 3.3.1.2);
- шум (п. 3.3.1.3);
- измерение расстояний (п. 3.3.6).

По результатам проверки заполняется протокол, форма которого представлена в Приложении В.

При **ежегодном контроле** проверяют все те же характеристики, что и при приемке аппарата в эксплуатацию, за исключением контрастной разрешающей способности. По результатам проверки заполняется протокол, форма которого представлена в Приложении Б.

ИЛЛЮСТРАЦИИ

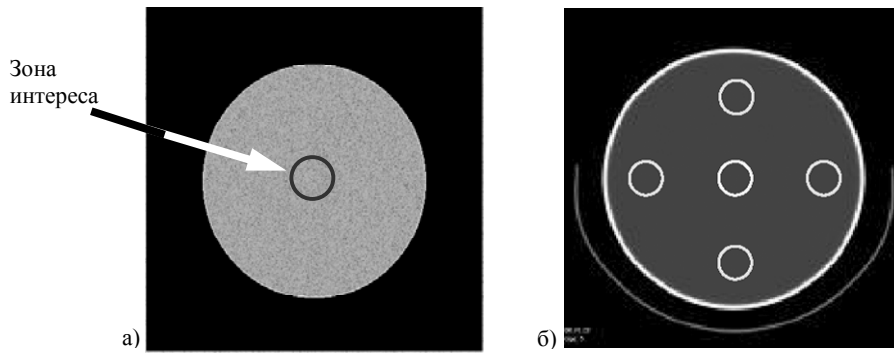


Рис. 1. Проверка КТ-числа, однородности и шума. (а) На КТ-изображении водного фантома выделена зона интереса. Полученное среднее значение НУ соответствует КТ-числу, а стандартное отклонение значений НУ – уровню шума. (б) Для проверки однородности выделены зоны интереса в центре и по периферии изображения водного фантома

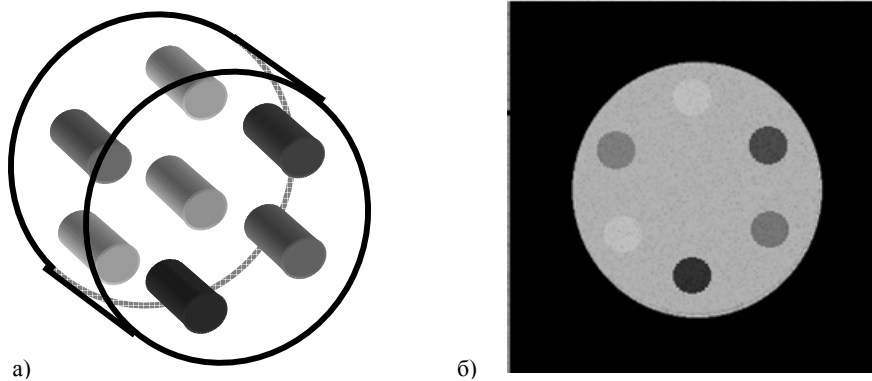


Рис. 2. Проверка КТ-числа различных материалов. (а) Фантом с вставками различной плотности в широком диапазоне. (б) КТ-изображение, полученное при сканировании фантома

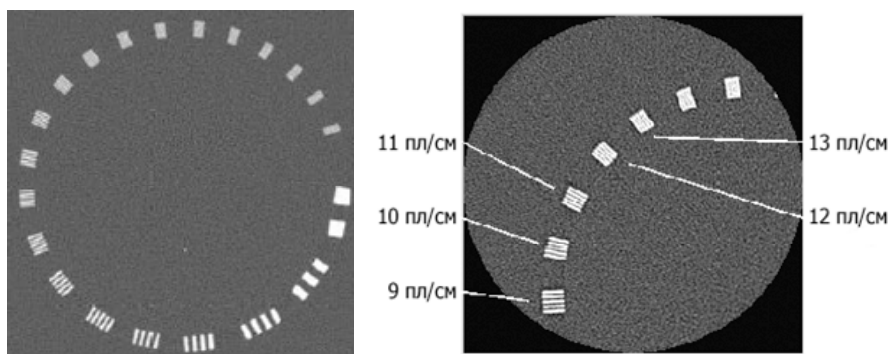


Рис. 3. Проверка пространственной разрешающей способности. (а) Изображение фантома с расположенными по окружности группами параллельных штриховых объектов уменьшающегося размера. (б) В данном примере пространственная разрешающая способность составляет 11 лл/см, поскольку это наименьшая по размеру визуально различимая группа штрих-объектов

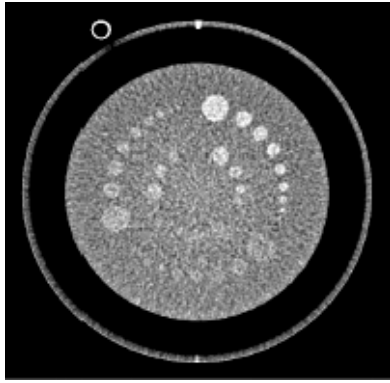


Рис 4. Проверка контрастной разрешающей способности. Изображение фантома с группами объектов низкой контрастности уменьшающегося размера в каждой группе.

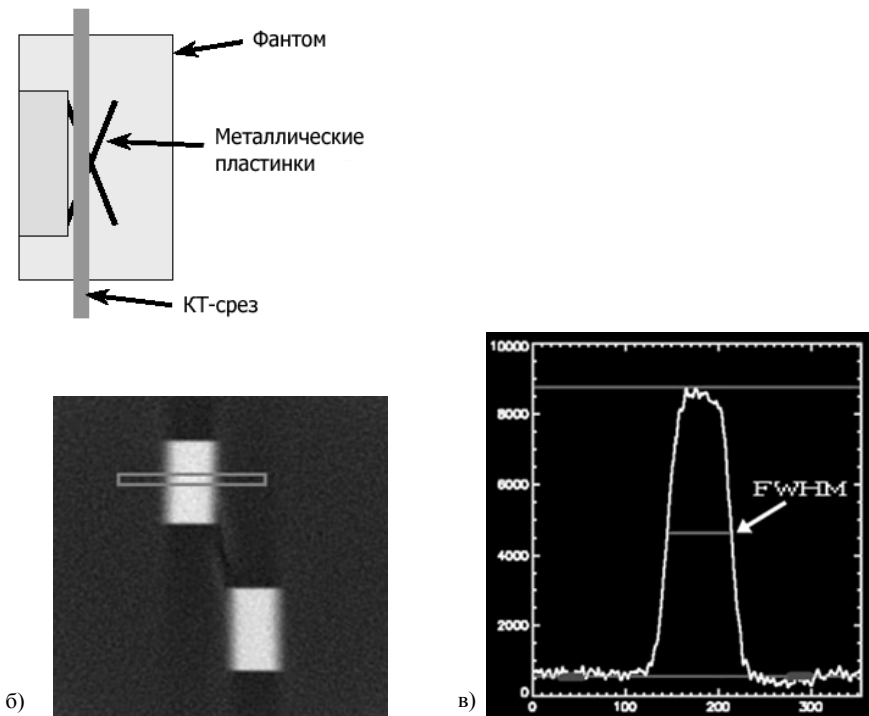


Рис. 5. Проверка толщины среза. (а) Фантом для проверки толщины среза. (б) На изображении металлической пластины проведена линия для построения профиля. (в) Ширина кривой профиля на уровне середины его высоты соответствует измеряемой толщине среза

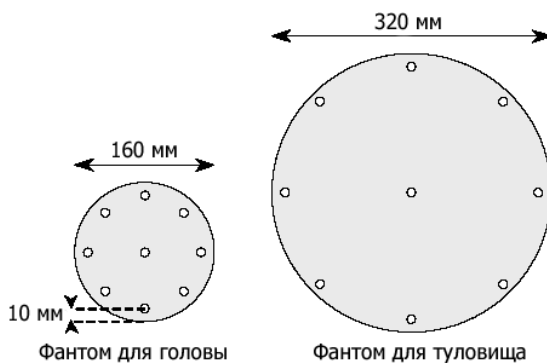


Рис. 6. Фантомы для проверки компьютерно-томографического индекса дозы

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении программы «Ограничение медицинского облучения населения»: постановление МЗ РБ № 20 от 09.06.2000 г. – Минск, 2000. – 14 с.
2. Specification and acceptance testing of computed tomography scanners: AAPM report № 39. – New York, NY: AAPM, 1993. – 95 p.
3. Skrzyński, W. Testy kontroli jakości w rentgenowskiej tomografii komputerowej z uwzględnieniem aparatów wykonujących badania na potrzeby planowania teleradioterapii/ W. Skrzyński; Zakład Fizyki Medycznej, Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej Curie. – Warszawa, 2003.
4. ImPACT Information Leaflet 1: CT Scanner Acceptance Testing. – London: ImPACT, 2001. – 8 p.
5. European guidelines on quality criteria for computed tomography, EUR 16262 / European Commission [Electronic resource]. – 1999. – Mode of access: <http://www.drs.dk/guidelines/ct/quality/index.htm>.
6. American College of Radiology (ACR) technical standard for diagnostic medical physics performance monitoring of computed tomography (CT) equipment/ACR [Electronic resource]. – 2002. – Mode of access: <http://www.acr/bin.asp?CID=1073&DID=12201&DOC=FILE.PDF>.
7. Quality assurance for computed-tomography simulators and the computed-tomography-simulation process: report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 66 / S. Mutic [et al.]// Med. Phys. – 2003. – Vol. 30, № 10. – P. 2762–2792.
8. Kalender, W.A. Computed tomography: fundamentals, system technology, image quality, applications. – 2 ed./W.A. Kalender. – Erlangen: Publicis Corporate Publishing, 2005. – 304 p.

Перечень оборудования для контроля качества рентгеновских компьютерных томографов

Несколько листов рентгеновской пленки в светонепроницаемом конверте.

Метровая измерительная лента.

Строительный уровень.

Фантом для проверки однородности (рис. 1).

Фантом с вставками различной плотности в широком диапазоне (рис. 2).

Фантом для проверки пространственной разрешающей способности (рис.

3).

Фантом для проверки контрастной разрешающей способности (рис. 4).

Фантом для проверки толщины среза (рис. 5).

Фантом для проверки измерения расстояний.

Дозиметрические фантомы для головы и туловища (рис. 6).

Ионизационная камера для измерения CTDI.

Дозиметр для измерения CTDI.

Приложение Б

ПРОТОКОЛ

**обследования при приемке в эксплуатацию, после модернизации и
ежегодного обследования компьютерного томографа**

Название учреждения _____

Аппарат _____ Дата _____

Контролируемая характеристика	Допустимое отклонение	Результат
Информационные табло	Должны функционировать	
Сигнальные лампочки	Должны функционировать	
Громкоговорящая связь оператора с пациентом	Должна функционировать	
Громкоговорящая связь пациента с оператором	Должна функционировать	

Дверные блокировки	Должны функционировать	
Аварийные выключатели	Должны функционировать	
Взаимное расположение внутреннего и наружного световых лучей	± 2 мм	
Совпадение внутреннего светового луча и плоскости среза	± 2 мм	
Соответствие сдвига стола показаниям электронного табло гентри	± 1 мм	
Точность автоматического сдвига стола	± 1 мм	
Наклон гентри	$\pm 1^\circ$	
КТ-число воды <i>120 кВ 400 мАс 1,0 с 5 мм H40s*</i>	0 ± 4 HU	
Однородность <i>120 кВ 400 мАс 1,0 с 5 мм H40s</i>	± 4 HU	
Шум <i>120 кВ 400 мАс 1,0 с 5 мм H40s</i>	В соответствии с технической документацией на аппарат, но не более 15 HU	
КТ-числа различных материалов <i>120 кВ 400 мАс 1,0 с 5 мм H40s</i>	± 4 HU	
Пространственная разрешающая способность <i>120 кВ 50 мАс 1,5 с 2 мм H60s</i>	В соответствии с технической документацией на аппарат и фантом	
Контрастная разрешающая способность**	В соответствии с технической документацией на	

<i>120 кВ 400 мАс 1,0 с 5 мм H40s</i>	аппарат и фантом	
Толщина среза <i>120 кВ 300 мАс 1,0 с H40s 1 мм</i> <i>4 мм</i> <i>8 мм</i> <i>10 мм</i>	± 1 мм, но не более 50 %	
Измерение расстояний	± 1 мм	
CTDI _w <i>120 кВ 50 мАс 2,0 с 10 мм</i>	± 20 %	

* Параметры, при которых выполнялось сканирование: напряжение, сила тока, время ротации, толщина среза, алгоритм реконструкции. Значения приведены для примера, необходимо вписать использовавшиеся.

** При ежегодном контроле не проверяется.

Обследование провели / /

Заведующий отделением / /

ПРОТОКОЛ

ежеквартального обследования компьютерного томографа

Название учреждения _____

Аппарат _____

Контролируемая характеристика	Допустимое отклонение	Результат			
		I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
Информационные табло	Должны функционировать				
Сигнальные лампочки	Должны функционировать				
Громкоговорящая связь оператора с пациентом	Должна функционировать				
Громкоговорящая связь пациента с оператором	Должна функционировать				
Дверные блокировки	Должны функционировать				
Аварийные выключатели	Должны функционировать				
Взаимное расположение внутреннего и наружного световых лучей	± 2 мм				
Совпадение внутреннего светового луча и плоскости среза	± 2 мм				
КТ-число воды <i>параметры сканирования</i>	0 ± 4 HU				
Однородность <i>параметры сканирования</i>	± 4 HU				
Шум <i>параметры</i>	В соответствии с				

<i>сканирования</i>	технической документацией на аппарат, но не более 15 HU				
Измерение расстояний	± 1 мм				

Дата проверки

Проверку провели

Подпись заведующего