ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р МЭК 62220-1-2— 2010

Изделия медицинские электрические
ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Часть 1-2

Определение квантовой эффективности регистрации Детекторы, используемые при маммографии

IEC 62220-1-2:2007
Medical electrical equipment —
Characteristics of digital X-ray imaging devices —
Part 1-2:
Determination of the detective quantum efficiency —
Detectors used in mammography
(IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2011

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией «Всероссийский научно-исследовательский и испытательный институт медицинской техники» (АНО «ВНИИИМТ») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 411 «Аппараты и оборудование для лучевой терапии, диагностики и дозиметрии»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 ноября 2010 г. № 452-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 62220-1-2:2007 «Изделия медицинские электрические. Характеристики цифровых приемников рентгеновского изображения. Часть 1-2. Определение квантовой эффективности регистрации. Детекторы, используемые при маммографии» (МЭК 62220-1-2:2007 «Medical electrical equipment — Characteristics of digital X-ray imaging devices — Part 1-2: Determination of the detective quantum efficiency — Detectors used in mammography).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты Российской Федерации, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2011

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины и определения . . . 2
4 Требования . . . 3
4.1 Условия работы . . . 3
4.2 РЕНТГЕНОВСКИЙ АППАРАТ . . . 3
4.3 КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ . . . 3
4.4 ТЕСТ-ОБЪЕКТ . . . 4
4.5 Геометрия . . . 5
4.6 Условия ОБЛУЧЕНИЯ . . . 6
5 Корректировки НЕОБРАБОТАННЫХ ДАННЫХ . . . 8
6 Определение КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ . . . 8
6.1 Определение и формула *DQE* (*u*,*v*) . . . 8
6.2 Параметры, используемые при расчетах . . . 9
6.3 Определение различных параметров по изображениям . . . 10
7 Формат декларации соответствия . . . 12
8 Точность . . . 13
Приложение А (обязательное). Определение ЛАГ-ЭФФЕКТОВ . . . 14
Приложение В (рекомендуемое). Расчет входного СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА . . . 16
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации . . . 17
Термины . . . 18
Библиография . . . 19

Введение

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ все более широко применяются в медицинской диагностике и будут все в большей степени заменять обычные (аналоговые) устройства для получения изображения, такие как системы экран — пленка или аналоговые телевизионные системы с УСИЛИТЕЛЕМ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ. Поэтому необходимо определить параметры, описывающие специфические свойства изображений, полученных на таких УСТРОЙСТВАХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ, и стандартизовать процедуру их измерения.

В научном мире возрастает согласие по поводу того, что для описания рентгеновских изображений наиболее подходящим параметром является КВАНТОВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕГИСТРАЦИИ (*DQE*). *DQE* описывает способность устройств для получения изображения сохранять отношение сигнал — шум от радиационного поля до результирующего цифрового изображения. Поскольку в рентгеновских изображениях ШУМ радиационного поля тесно связан с уровнем ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ, *DQE* может быть принята для описания дозной эффективности данного УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ.

Примечание — Несмотря на то, что *DQE* широко используется для описания устройств для получения изображения, связь между этим физическим параметром и восприятием изображения наблюдателем еще не вполне понятна [1], [3].

DQE уже широко используется изготовителями для описания УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ. *DQE* также требуется регулирующим организациям [таким как Администрация продуктов питания и напитков (FDA)] для процедуры допуска продукции к употреблению. Однако до настоящего времени нет стандарта ни для условий измерения, ни для процедуры измерения, что ведет к тому, что значения, полученные из разных источников, нельзя сравнивать.

Поэтому настоящий стандарт создан для регламентации процедуры измерений и формата декларации соответствия КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ для УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ.

При расчетах *DQE*, предлагаемых в настоящем стандарте, предполагается, что отклик системы измерен для объектов, которые ослабляют все энергии одинаково [5].

Настоящий стандарт будет полезен изготовителям, потребителям, дистрибьюторам и регулирующим организациям. Это второй документ из серии из трех стандартов:

- Часть 1, которая будет предназначена для РЕНТГЕНОГРАФИИ, за исключением МАММОГРАФИИ и РЕНТГЕНОСКОПИИ;
- Часть 1-2 (настоящий стандарт), предназначенная для МАММОГРАФИИ;
- Часть 1-3, которая будет предназначена для детекторов динамических изображений.

Эти стандарты могут рассматриваться как первая часть группы стандартов МЭК 62220, описывающих параметры УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Изделия медицинские электрические

ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Часть 1-2

Определение квантовой эффективности регистрации. Детекторы, используемые при маммографии

Medical electrical equipment. Characteristics of digital X-ray imaging devices. Part 1-2. Determination of the detective quantum efficiency. Detectors used in mammography

Дата введения — 2012—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает метод определения КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕТЕКТОРА для УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ в функции ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ и ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ в диапазоне рабочих условий, установленных ИЗГОТОВИТЕЛЕМ. Настоящий стандарт МЭК 62220 рекомендован к применению изготовителями, а также в хорошо оборудованных испытательных лабораториях.

Настоящий стандарт распространяется на УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ, применяемые для получения маммографических изображений, таких как системы цифровой рентгенографии (CR), системы на основе прямых и непрямых плоских панелей, сканирующие системы (на основе CCD или счета фотонов). Настоящий стандарт не распространяется:

- на УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ, применяемые в общей рентгенографии и в детальной рентгенографии;
- компьютерную томографию;
- устройства для получения динамических изображений (где получают серию изображений, например, при рентгеноскопии или при исследовании сердца).

Примечание — Вышеперечисленные устройства исключены, поскольку многие их параметры (например, качество пучка излучения, геометрия, зависимость во времени и т.д.) отличаются от соответствующих параметров при маммографии. Некоторые из этих устройств будут рассмотрены в отдельных стандартах (МЭК 62220-1 и МЭК 62220-1-3) подобно тому, как это сделано по отношению к другим параметрам, например чувствительности и контрасту, в стандартах МЭК и ИСО.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты. Для датированных ссылок применяют только указанные изделия. Для недатированных ссылок применяют самые последние изделия (включая любые дополнения и изменения).

МЭК 60336 Изделия медицинские электрические. Излучатели медицинские рентгенодиагностические. Характеристики фокусных пятен

МЭК 60601-2-45:2005 Изделия медицинские электрические. Часть 2-45. Частные требования безопасности к маммографическим рентгеновским аппаратам и маммографическим устройствам для стереотаксиса

Издание официальное

МЭК 61267:2001 Медицинская диагностическая рентгеновская аппаратура. Радиационные условия при определении характеристик

МЭК 62220-1:2003 Изделия медицинские электрические. Характеристики устройств для получения цифрового рентгеновского изображения

ИСО 12232:1998 Фотография. Электронные камеры для регистрации статических изображений. Определение чувствительности по ИСО

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по МЭК 60788, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **функция преобразования:** Участок уровня выходного сигнала с большой площади (ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ) УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ по отношению к числу экспонирующих квантов на единицу площади (Q) в плоскости ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА.

Примечания

1 При расчете Q следует умножать измеренное значение ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ за вычетом обратного рассеяния на значение, указанное в таблице 2, столбец 4.

2 Многие калибровочные лаборатории, такие как национальные институты метрологии, калибруют ИЗМЕРИТЕЛИ ИЗЛУЧЕНИЯ в единицах ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ.

3.2 **квантовая эффективность регистрации *DQE* (*u*, *v*):** Отношение двух функций *NPS*: в числителе *NPS* входного сигнала на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА цифрового рентгеновского детектора после прохождения определяющего фильтра, указанного для функции передачи системы, а в знаменателе — измеренный *NPS* выходного сигнала (ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ).

Примечание — Вместо двумерной КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ часто публикуют сечение двумерной КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ вдоль указанной линии в плоскости частот.

[МЭК 62220-1:2003, определение 3.3, модифицировано]

3.3 **поверхность детектора:** Доступная поверхность, ближайшая к ПЛОСКОСТИ ПРИЕМНИКА ИЗОБРАЖЕНИЯ.

Примечание — После удаления всех частей, включая ОТСЕИВАЮЩИЙ РАСТР и компоненты АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПОЗИЦИЕЙ при их наличии, которые можно удалить из ПУЧКА ИЗЛУЧЕНИЯ без повреждения цифрового рентгеновского детектора.

[МЭК 62220-1:2003, определение 3.4, модифицировано]

3.4 **устройство для получения цифрового рентгеновского изображения:** Устройство, состоящее из цифрового рентгеновского детектора, включая защитные слои, установленные для практического использования электроники усиления и оцифровки и компьютера, и обеспечивающего ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ (*DN*) изображения.

[МЭК 62220-1:2003, определение 3.5]

3.5 **матрица изображения:** Сборка МАТРИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, преимущественно в декартовой системе координат.

[МЭК 62220-1:2003, определение 3.6, модифицировано]

3.6 **лаг-эффект:** Влияние предыдущего изображения на текущее.

[МЭК 62220-1:2003, определение 3.7]

3.7 **линеаризованные данные:** ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ, к которым приложена обратная ФУНКЦИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ.

Примечание — ЛИНЕАРИЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ прямо пропорциональны ВОЗДУШНОЙ КЕРМЕ.

[МЭК 62220-1:2003, определение 3.8]

3.8 **функция передачи модуляции *MTF* (*u*, *v*):** Модуль обычно комплексной функции оптической передачи, выраженной как функция ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧАСТОТ u и v.

[МЭК 62220-1:2003, определение 3.9]

3.9 **шум:** Флюктуации от ожидаемого значения стохастического процесса.

[МЭК 62220-1:2003, определение 3.10]

3.10 **спектр мощности шума *NPS-W* (*u*, *v*):** Модуль преобразования Фурье от автоковариантной функции ШУМА. Мощность ШУМА, содержащегося в двумерном интервале ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ, в функции двумерной частоты.

Примечание — В литературе СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА часто называют «Спектр Винера» в честь математика Норберта Винера.

[МЭК 62220-1:2003, определение 3.11]

3.11 **исходные данные *DN*:** НЕОБРАБОТАННЫЕ ДАННЫЕ, подвергшиеся коррекции, указанной в настоящем стандарте.

[МЭК 62220-1:2003, определение 3.12]

3.12 **поток фотонов *Q*:** Среднее число фотонов на единицу площади.

[МЭК 62220-1:2003, определение 3.13]

3.13 **необработанные данные:** Сигнал ПИКСЕЛЯ, считанный непосредственно после аналого-цифрового преобразования с УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ или полученный с системы счета фотонов без какой-либо программной коррекции.

[МЭК 62220-1:2003, определение 3.14, модифицировано]

3.14 **пространственная частота *u* или *v*:** Обратная величина периода повторения пространственного явления. Размерность ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ обратно длине.

[МЭК 62220-1:2003, определение 3.15]

4 Требования

4.1 Условия работы

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ должно храниться и работать в соответствии с рекомендациями ИЗГОТОВИТЕЛЯ. Условия работы должны быть такими же, как предусмотренные для работы в клинике, и поддерживаться в течение всего времени испытаний.

Условия окружающей среды в помещении, где работает УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ, должны быть указаны вместе с результатами испытаний.

4.2 РЕНТГЕНОВСКИЙ АППАРАТ

Для всех испытаний по настоящему стандарту должно использоваться РПУ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ (МЭК 60601-2-45). ПРОЦЕНТНАЯ ПУЛЬСАЦИЯ должна быть равна или меньше 4 %.

НОМИНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФОКУСНОГО ПЯТНА (МЭК 60336) должно быть не больше 0,4.

Для измерения ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ должен использоваться калиброванный ИЗМЕРИТЕЛЬ ИЗЛУЧЕНИЯ. Погрешность измерений (коэффициент покрытия 2) [2] должна быть меньше 5 %.

Примечания

1 Термины «погрешность» и «коэффициент покрытия» определены в Справочнике ИСО по выражению погрешности измерений [2].

2 ИЗМЕРИТЕЛИ ИЗЛУЧЕНИЯ во многих национальных метрологических институтах калибруются в единицах ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ.

4.3 КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ

КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ должно быть RQA-M 2 по МЭК 61267, если это подходит для клинического использования этого детектора. Может быть использовано другое КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ, которое используется при клиническом использовании УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ, например RQA-M 1, RQA-M 3, RQA-M 4, или КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ при материале анода, отличном от молибдена (см. таблицу 1).

Области применения определенного КАЧЕСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ указаны в МЭК 61267.

Примечание — В соответствии с МЭК 61267 КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ RQA-M получается при молибденовой МИШЕНИ, ОБЩЕЙ ФИЛЬТРАЦИИ источника излучения (0,032 ± 0,002) мм Mo и ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ФИЛЬТРЕ 2 мм Al (таблица 1).

Таблица 1 — КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ для определения КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ и соответствующие параметры

Характеристика стандартного КАЧЕСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ (МЭК 61267)	Толщина фильтра, мм	Номинальное АНОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, кВ	Номинальный ПЕРВЫЙ СЛОЙ ПОЛОВИННОГО ОСЛАБЛЕНИЯ (СПО), мм Al	ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ФИЛЬТР, мм Al
Mo/Mo (RQA-M 1)	0,032	25	0,56	2
Mo/Mo (RQA-M 2)	0,032	28	0,60	2
Mo/Mo (RQA-M 3)	0,032	30	0,62	2
Mo/Mo (RQA-M 3)	0,032	35	0,68	2
Mo/Rh	0,025	28	0,65	2
Rh/Rh	0,025	28	0,74	2
W/Rh	0,050	28	0,75	2
W/Al	0,500	28	0,83	2

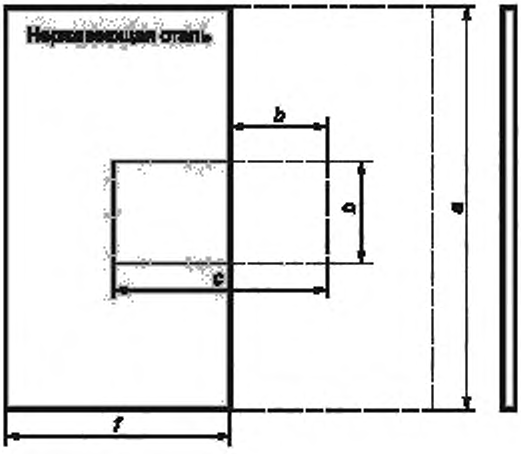
Следует заметить, что в некоторых маммографических системах применяют не молибденовые мишени и фильтры, а мишени и/или фильтры из других материалов, например, но не только, родиевую мишень и родиевый фильтр или вольфрамовую мишень и алюминиевый фильтр (таблица 1). В случае, если используется КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ, отличное от указанного в таблице 1, оно должно быть указано в декларации соответствия, включая материал мишени, материал и толщину фильтра, АНОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, СЛОЙ ПОЛОВИННОГО ОСЛАБЛЕНИЯ (СПО), в мм Al, и используемое значение SNR_{in}^2 (см. также 6.2).

4.4 ТЕСТ-ОБЪЕКТ

ТЕСТ-ОБЪЕКТ для определения ФУНКЦИИ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ и амплитуды ЛАГ-ЭФФЕКТОВ должен состоять из пластины из нержавеющей стали (марки 304) с минимальными размерами: толщина 0,8 мм, длина 120 мм, ширина 60 мм, перекрывающей половину облучаемого поля (см. рисунок 1).

Пластина из нержавеющей стали используется как краевой ТЕСТ-ОБЪЕКТ. Поэтому край пластины должен быть тщательно отполирован под углом 90° к плоскости пластины. При облучении края рентгеновскими лучами в контакте с безэкранной пленкой изображение края на пленке не должно быть размыто более чем на 5 мкм.

В качестве альтернативы допускается применять ТЕСТ-ОБЪЕКТ по МЭК 62220-1.



Примечание — ТЕСТ-ОБЪЕКТ из пластины из нержавеющей стали толщиной 0,8 мм (минимум).

Минимальные размеры пластины, a = 120 мм, f = = 60 мм.

Область интереса (ROI) при определении MTF $b \times c$, 25 × 50 мм (указана внутренней штрихпунктирной линией).

После облучения на детекторе (наружная штрихпунктирная линия) не менее 100 × 100 мм.

Рисунок 1 — ТЕСТ-ОБЪЕКТ

4.5 Геометрия

Геометрия установки для измерений должна соответствовать рисунку 2. В этой геометрической конфигурации РЕНТГЕНОВСКИЙ АППАРАТ используется таким же образом, как при нормальном диагностическом применении. Расстояние между ФОКУСНЫМ ПЯТНОМ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ и ПОВЕРХНОСТЬЮ ДЕТЕКТОРА должно быть от 600 до 700 мм. Если по техническим причинам расстояние нельзя установить в этом диапазоне, может быть выбрано другое расстояние, но это должно быть указано при декларации результата.

ТЕСТ-ОБЪЕКТ должен быть размещен непосредственно перед ПОВЕРХНОСТЬЮ ДЕТЕКТОРА. Центр края ТЕСТ-ОБЪЕКТА размещают на расстоянии 60 мм от центра поверхности корпуса детектора. Облучаемая площадь ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА должна быть 100 × 100 мм, центр этой площади должен находиться на расстоянии 60 мм от центра поверхности корпуса детектора.

В установке по рисунку 2 диафрагма B1 и ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ФИЛЬТР должны быть расположены близко от ФОКУСНОГО ПЯТНА РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ. Диафрагму B2 следует использовать, но она может не применяться в том случае, если доказано, что ее наличие не изменяет результатов измерений.

Детектор-монитор следует применять для того, чтобы подтвердить точность РЕНТГЕНОВСКОГО ГЕНЕРАТОРА. Детектор-монитор R1 должен быть размещен за той частью пучка, которая проходит через ДИАФРАГМУ B2. Точность детектора-монитора (стандартное отклонение 16) должна быть лучше 2 %. Соотношение между показанием, считываемым с монитора, и ВОЗДУШНОЙ КЕРМОЙ на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА должно быть откалибровано для каждого используемого КАЧЕСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ. При калибровке этого соотношения должно быть обращено внимание на то, чтобы на показания ИЗМЕРИТЕЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ не влияло обратное рассеяние излучения от оборудования, находящегося сзади ИЗМЕРИТЕЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ. В любом случае необходимо проверить, что детектор-монитор не влияет на измерения ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, MTF и СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА. Для минимизации обратного рассеяния от слоев, расположенных за детектором, следует обеспечить расстояние до других объектов не менее 250 мм.

Примечание — Процедура калибровки детектора-монитора может быть чувствительна к положению ДОБАВОЧНОГО ФИЛЬТРА и шторок в ИСТОЧНИКЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. Поэтому их положение не следует изменять без повторного измерения калибровки детектора-монитора.

Эта геометрия используется и для единообразного облучения ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА при определение ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ и СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА, и для облучения ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА за ТЕСТ-ОБЪЕКТОМ (см. 4.6.6). При всех измерениях должна облучаться одна и та же область ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА.

Все измерения должны быть проведены при одной и той же геометрии.

При определении СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА и ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕСТ-ОБЪЕКТ должен быть удален из пучка.

Примечание — ТЕСТ-ОБЪЕКТ не применяют при измерении ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ и СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА.

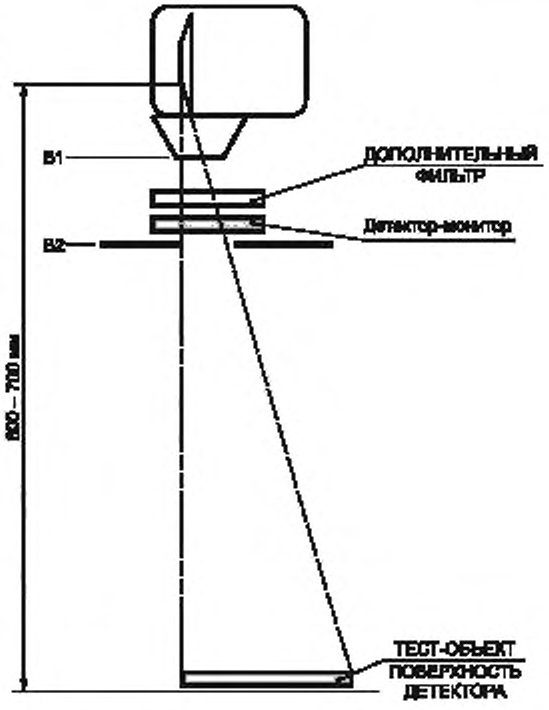


Рисунок 2 — Геометрия при экспонировании УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ с целью определения ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА или ФУНКЦИИ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ за ТЕСТ-ОБЪЕКТОМ

4.6 Условия ОБЛУЧЕНИЯ

4.6.1 Общие условия

Калибровка цифрового рентгеновского детектора должна быть проведена до начала всех испытаний, т.е. должны быть выполнены все операции, необходимые для коррекции в соответствии с разделом 5. Все серии измерений должны быть сделаны без перекалибровки. Из этого требования исключаются компенсирующие калибровки. Они могут быть проведены, как при нормальном клиническом использовании.

Уровень экспозиции должен быть выбран таким же, как используемый при работе цифрового рентгеновского детектора в клинической практике, для которой он предназначен. Этот уровень называется «опорным», и он должен быть нормирован ИЗГОТОВИТЕЛЕМ. Должны быть выбраны, по крайней мере, два дополнительных уровня облучения, один равен двум «опорным» уровням и один равен 1/2 «опорного» уровня. При изменении уровня экспозиции не должно быть допущено изменение системы уставок (увеличение мощности и т.д.).

Для того чтобы перекрыть диапазон различных клинических исследований, могут быть выбраны дополнительные уровни. Для этих дополнительных уровней могут быть выбраны другие уставки системы, и их следует поддерживать постоянными в течение процедуры испытаний.

Изменение ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ должно достигаться путем изменения АНОДНОГО ТОКА, или ВРЕМЯ ОБЛУЧЕНИЯ должно быть подобно тому, которое применяется при клиническом использовании цифрового рентгеновского детектора. ЛАГ-ЭФФЕКТЫ должны быть устранены (см. 4.6.3).

РАДИАЦИОННЫЕ УСЛОВИЯ должны быть указаны вместе с результатами испытаний (см. раздел 7).

4.6.2 Измерение ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ

ВОЗДУШНУЮ КЕРМУ на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА измеряют с помощью подходящего ИЗМЕРИТЕЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ. Для этой цели цифровой рентгеновский детектор удаляют из пучка и ДЕТЕКТОР ИЗЛУЧЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ размещают в плоскости ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА. Следует минимизировать влияние обратного РАССЕЯННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. Если проводят коррекцию между показателями ИЗМЕРИТЕЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ и детектора-монитора, она должна быть зафиксирована и использована для расчетов ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА при облучении ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА для определения ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА и *MTF*. Для получения правильного значения ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ рекомендуется провести около пяти измерений и использовать среднее значение.

В сканирующих устройствах с коллиматором, расположенным перед пациентом, ВОЗДУШНАЯ КЕРМА должна быть измерена после этого устройства ограничения пучка.

Если невозможно удалить цифровой рентгеновский детектор из пучка, ВОЗДУШНАЯ КЕРМА на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА может быть рассчитана с помощью закона обратных квадратов расстояния. Для этой цели ВОЗДУШНУЮ КЕРМУ измеряют на различных расстояниях от ФОКУСНОГО ПЯТНА перед поверхностью детектора. При этих измерениях излучение, обратно рассеянное от ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА, должно быть исключено. Поэтому рекомендуется использовать расстояние от 100 до 200 мм между ПОВЕРХНОСТЬЮ ДЕТЕКТОРА и ДЕТЕКТОРОМ ИЗЛУЧЕНИЯ.

Примечания

1 Необходимо принять во внимание ослабление в воздухе.

2 Если коллиматор перед пациентом является многощелевым, экспозиция должна быть интегрирована в течение сканирования. Многощелевая диафрагма создает негомогенное радиационное поле на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА, поэтому для получения правильного результата необходимо провести более длительное сканирование по ДЕТЕКТОРУ ИЗЛУЧЕНИЯ.

Если используется детектор-монитор, следует начертить график кривой в функции расстояния d между ФОКУСНЫМ ПЯТНОМ и ДЕТЕКТОРОМ ИЗЛУЧЕНИЯ по следующему уравнению:

$$f(d) = \sqrt{\frac{\text{показание детектора-монитора}}{\text{показание детектора излучения}}}.$$

С помощью экстраполяции этой приблизительно линейной кривой на расстояние между ФОКУСНЫМ ПЯТНОМ и ПОВЕРХНОСТЬЮ ДЕТЕКТОРА *r SID* можно получить отношение показаний на расстоянии *r SID* и для любого показания детектора-монитора рассчитать ВОЗДУШНУЮ КЕРМУ на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА.

Если детектор-монитор не используют, то вычерчивают график зависимости квадратного корня от обратной величины показания ИЗМЕРИТЕЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ в функции от расстояния между

ИЗМЕРИТЕЛЕМ ИЗЛУЧЕНИЯ и ФОКУСНЫМ ПЯТНОМ. Экстраполяцию и т.д. проводят так же, как изложено в предыдущем абзаце.

4.6.3 Исключение ЛАГ-ЭФФЕКТОВ

ЛАГ-ЭФФЕКТЫ могут повлиять на измерение ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА и ФУНКЦИИ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ. Поэтому они могут повлиять на измерение КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ.

Это влияние можно разделить на две компоненты — аддитивную (аддитивная ветвь) и мультипликативную (изменение прироста). Величины обеих компонент должны быть определены. Для общей информации см. [10], [11] и [12].

При определении возможных ЛАГ-ЭФФЕКТОВ цифровой детектор должен работать в соответствии со спецификациями ИЗГОТОВИТЕЛЯ. Между двумя последовательными экспозициями необходимо выдерживать минимальный интервал времени (определяемый с помощью испытаний по приложению А) во избежание искажающего влияния ЛАГ-ЭФФЕКТОВ на измерение КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ.

Примечание — На ЛАГ-ЭФФЕКТЫ могут влиять следующие факторы: время ОБЛУЧЕНИЯ по отношению к считыванию, метод очистки от остатков предыдущего ОБЛУЧЕНИЯ, время от стирания до повторного ОБЛУЧЕНИЯ, время от считывания до повторного ОБЛУЧЕНИЯ, включение «фиктивного» считывания для стирания эффектов от предыдущего ОБЛУЧЕНИЯ.

Для определения значения ЛАГ-ЭФФЕКТОВ должны быть использованы процедуры испытаний, приведенные в приложении А.

4.6.4 ОБЛУЧЕНИЕ для определения ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Уставки УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ должны быть такими же, как при экспонировании ТЕСТ-ОБЪЕКТА. ОБЛУЧЕНИЕ должно быть выполнено в геометрии рисунка 2, но без ТЕСТ-ОБЪЕКТА в пучке. ВОЗДУШНУЮ КЕРМУ измеряют в соответствии с 4.6.2. ФУНКЦИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ должна быть определена при уровне ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ от нулевой до значения, на 20 % большего, чем максимальный испытанный уровень ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ.

КОЭФФИЦИЕНТ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ при нулевом уровне ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ должен быть определен по темному изображению, которое реализуется при тех же условиях, как рентгеновское изображение. Минимальный уровень рентгеновской ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ должен быть не больше, чем 1/5 опорного уровня ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ.

В зависимости от процедуры расчета (см. 6.3.1) меняется число различных экспозиций; если нужно проверить только линейность ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, достаточно пяти экспозиций, распределенных равномерно в желаемом диапазоне. Если нужно определить полную ФУНКЦИЮ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, ВОЗДУШНАЯ КЕРМА должна изменяться таким образом, чтобы максимальное увеличение логарифмической (по основанию 10) ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ было не больше 0,1.

4.6.5 ОБЛУЧЕНИЕ для определения СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА

Уставки УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ должны быть такими же, как при экспонировании ТЕСТ-ОБЪЕКТА. ОБЛУЧЕНИЕ должно быть выполнено в геометрии рисунка 2, но без ТЕСТ-ОБЪЕКТА в пучке. ВОЗДУШНУЮ КЕРМУ измеряют в соответствии с 4.6.2.

Для приблизительного расчета СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА, который используется в дальнейшем для расчета *DQE*, используют прямоугольную площадку размерами приблизительно 50 × 50 мм, расположенную в центре облучаемой области размерами 100 × 100 мм.

Для этой цели набор входных данных должен состоять, по меньшей мере, из 4 млн независимых пикселей, образующих одно или несколько независимых изображений, каждое из которых содержит не менее 256 ПИКСЕЛЕЙ в любом пространственном направлении. Если необходимо более чем одно изображение, все изображения должны быть получены при одних и тех же КАЧЕСТВЕ ИЗЛУЧЕНИЯ и уровне ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ. Стандартное отклонение ИЗЛУЧЕНИЙ, использованных для получения разных изображений, должно быть не больше 10 % среднего значения.

Примечание — Минимальное число требуемых ПИКСЕЛЕЙ изображения определяется требуемой точностью, что определяет минимальное число областей интереса. Для получения точности двумерного СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА 5 % необходимо минимум 960 областей интереса (частично перекрывающихся), содержащих 16 млн независимых ПИКСЕЛЕЙ изображения в данных размерах области интереса. Процесс усреднения, проводимый в дальнейшем для получения одномерного среза, снижает минимальное число необходимых ПИКСЕЛЕЙ изображения до 4 млн, что все еще достаточно для достижения необходимой точности.

Должно быть обращено внимание на то, чтобы не было корреляции между последовательными изображениями (ЛАГ-ЭФФЕКТ; см. 4.6.2). При проведении ОБЛУЧЕНИЙ не допускается изменение уставок системы.

Изображения для определения СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА должны быть сделаны при уровнях ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ по 4.6.1.

4.6.6 ОБЛУЧЕНИЕ с ТЕСТ-ОБЪЕКТОМ в ПУЧКЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

ОБЛУЧЕНИЕ следует проводить в геометрии рисунка 2. ТЕСТ-ОБЪЕКТ размещают непосредственно на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА. ТЕСТ-ОБЪЕКТ должен быть размещен таким образом, чтобы край был наклонен на угол α относительно оси столбцов ПИКСЕЛЕЙ или рядов ПИКСЕЛЕЙ, должен быть в интервале от 1,5° до 3°.

Примечание — Метод наклона ТЕСТ-ОБЪЕКТА относительно рядов или столбцов МАТРИЦЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ является общим с другими стандартами (ИСО 15529 и ИСО 12223) и изложен в ряде публикаций, связанных с получением предварительных образцов ФУНКЦИИ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ.

Должно быть сделано, по меньшей мере, два ОБЛУЧЕНИЯ с ТЕСТ-ОБЪЕКТОМ в ПУЧКЕ ИЗЛУЧЕНИЯ, один с ТЕСТ-ОБЪЕКТОМ, ориентированным приблизительно вдоль столбцов, и один с ТЕСТ-ОБЪЕКТОМ, ориентированным приблизительно вдоль рядов МАТРИЦЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ. Как известно, в системах CR резкость зависит от ориентации края относительно направления перемещения лазерного луча при сканировании. Поэтому в системах CR должно быть сделано четыре ОБЛУЧЕНИЯ с ТЕСТ-ОБЪЕКТОМ в ПУЧКЕ ИЗЛУЧЕНИЯ, с поворотом ТЕСТ-ОБЪЕКТА на 90° между последовательными экспозициями. Положение других компонентов не должно изменяться. Для нового положения следует провести новую настройку ТЕСТ-ОБЪЕКТА.

Изображения для определения *MTF* следует производить при одном из трех уровней ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ (см. 4.6.1).

5 Корректировки НЕОБРАБОТАННЫХ ДАННЫХ

Допускаются следующие линейные и не зависящие от изображения корректировки данных для определения ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА и ФУНКЦИИ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ.

Все нижеследующие коррекции следует проводить, как при нормальном клиническом использовании:

- замена НЕОБРАБОТАННЫХ ДАННЫХ от плохих или дефективных ПИКСЕЛЕЙ подходящими данными;
- коррекция плоского поля, включающая в себя:
  коррекцию неоднородности радиационного поля;
  коррекцию контраста индивидуальных ПИКСЕЛЕЙ;
  коррекцию сигнала индивидуальных ПИКСЕЛЕЙ;
  коррекцию изменения скорости в течение сканирования;
- коррекция геометрической дисторсии.

Примечания

1 Некоторые детекторы осуществляют линейную обработку изображений в соответствии с их физической концепцией. Так как эта обработка является линейной и независимой от изображения, эти операции допускаются как исключение.

2 Коррекция изображения считается независимой от изображения, если такой же коррекции подвергаются все изображения независимо от их содержания.

6 Определение КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ

6.1 Определение и формула *DQE (u, v)*

КВАНТОВУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕГИСТРАЦИИ *DQE (u, v)* в зависимости от частоты определяют по следующей формуле:

$$DQE\,(u, v) = G^2 MTF^2(u, v)\,\frac{W_{in}(u,v)}{W_{out}(u,v)}. \qquad (1)$$

Источником этой формулы является [4], формула 2.153.

В настоящем стандарте СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА НА ВЫХОДЕ $W_{out}(u, v)$ и ФУНКЦИЮ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ $MTF(u, v)$ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ следует рассчитывать по ЛИНЕАРИЗОВАННЫМ ДАННЫМ. ЛИНЕАРИЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ рассчитывают из ИСХОДНЫХ ДАННЫХ с помощью обратной ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ и выражают числом квантов экспозиции на единицу площади. Сигнал детектора при нулевой ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЧАСТОТЕ G в формуле (1) является частью функции преобразования и не нуждается в отдельном определении.

Поэтому в настоящем стандарте рабочей формулой для определения КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ $DQE(u, v)$ в зависимости от частоты является

$$DQE(u, v) = MTF^2(u, v)\frac{W_{in}(u,v)}{W_{out}(u,v)}, \quad (2)$$

где $MTF(u, v)$ — предварительная ФУНКЦИЯ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ;

$W_{in}(u, v)$ — СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА радиационного поля на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА, определяемый в соответствии с 6.2;

$W_{out}(u, v)$ — СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА на выходе УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ, определяемый в соответствии с 6.3.2.

6.2 Параметры, используемые при расчетах

Для определения КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ значение входного СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА $W_{in}(u,v)$ должно быть рассчитано по следующей формуле:

$$W_{in\ (u,\ v)} = K_a \cdot SNR_{in}^2, \quad (3)$$

где K_a — измеренная ВОЗДУШНАЯ КЕРМА, мкГр;

SNR_{in}^2 — квадрат отношения сигнал — ШУМ к ВОЗДУШНОЙ КЕРМЕ, 1/мм²мкГр, значение, приведенное в таблице 2, столбец 4.

В настоящем стандарте следует применять значения SNR_{in}^2 по таблице 2.

Таблица 2 — Радиационный параметр SNR_{in}^2 для применения в настоящем стандарте (дополнительный фильтр 2 мм Al)

КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ	Толщина фильтра, мм	Номинальное АНОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, кВ	Расчетное значение SNR_{in}^2, 1/мм²мкГр
Mo/Mo (RQA-M 1)	0,032	25	4639
Mo/Mo (RQA-M 2)	0,032	28	4981
Mo/Mo (RQA-M 3)	0,032	30	5303
Mo/Mo (RQA-M 3)	0,032	35	6325
Mo/Rh	0,025	28	5439
Rh/Rh	0,025	28	5944
W/Rh	0,050	28	5975
W/Al	0,500	28	6575

Общие сведения о расчете SNR_{in}^2 приведены в приложении С.

Следует заметить, что в некоторых маммографических системах используют не молибденовые мишени и фильтры, а мишени и/или фильтры из других материалов, например, но не исключительно, родиевую мишень и родиевый фильтр или вольфрамовую мишень и алюминиевый фильтр (таблица 2). В случае, если используется КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ, отличное от указанного в таблице 2, оно должно быть указано в декларации соответствия, включая материал мишени, материал и толщину фильтра,

АНОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, СЛОЙ ПОЛОВИННОГО ОСЛАБЛЕНИЯ (СПО), в мм Al, и используемое значение SNR^2_{in}.

6.3 Определение различных параметров по изображениям

6.3.1 Линеаризация данных

ЛИНЕАРИЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ рассчитывают с помощью приложения обратной ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ к ИСХОДНЫМ ДАННЫМ на основе индивидуального ПИКСЕЛЯ.

Примечание — В случае линейной ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ и нулевого контраста расчет сводится к умножению на коэффициент преобразования.

ФУНКЦИЮ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ определяют по изображениям, полученным в соответствии с 4.6.4.

Выход рассчитывают по усреднению, по крайней мере, 10 × 100 ПИКСЕЛЕЙ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ в центре экспонированной области. Значения ПИКСЕЛЕЙ должны быть ИСХОДНЫМИ ДАННЫМИ, под которыми подразумеваются НЕОБРАБОТАННЫЕ ДАННЫЕ, скорректированные только в соответствии с разделом 5. Эти выходные значения соотносятся с входным сигналом, которым является число квантов экспозиции на единицу площади Q, рассчитанное умножением значения ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ на значение, указанное в столбце 4 таблицы 2 (см. 6.2).

Точки экспериментальных данных должны быть подготовлены с помощью моделирующей функции. Если принимается, что ФУНКЦИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ линейна (только пять экспозиций, сделанных в соответствии с 4.6.4), то следует применять только линейную функцию. Результат подготовки должен удовлетворять следующим требованиям:

- конечное значение $R^2 \geq 0{,}99$ (R^2 — коэффициент коррекции);
- относительное отклонение ни одной индивидуальной точки экспериментальных данных не превышает 2 % соответствующего результата подготовки.

6.3.2 СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА

СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА на выходе УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ следует определять по изображениям, полученным в соответствии с 4.6.5.

Однородно экспонированная площадь цифрового рентгеновского детектора должна быть поделена на квадратные площадки, называемые областями интереса (ОИ). Каждая область интереса для расчета индивидуального образца СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА должна быть размерами 256 × 256 ПИКСЕЛЕЙ. Эти площадки должны перекрываться на 128 ПИКСЕЛЕЙ в горизонтальном и вертикальном направлениях (см. рисунок 3). Первая площадка должна находиться в верхнем левом углу изображения, тогда следующая площадка получается передвижением на 128 ПИКСЕЛЕЙ вправо в горизонтальном направлении, создавая вторую площадку, которая на половину перекрывает первую. Следующая площадка получается перемещением второй вновь на 128 ПИКСЕЛЕЙ. Это повторяется до конца первой горизонтальной «полосы». Начиная вновь с левой стороны изображения и одновременно смещаясь на 128 ПИКСЕЛЕЙ в вертикальном направлении, получают вторую горизонтальную «полосу». Смещение в вертикальном направлении создает следующие полосы, пока вся площадь размерами примерно 50 × 50 мм не будет покрыта областями интереса.

Может быть проведено направленное удаление с помощью приложения двумерного полинома второго порядка к ЛИНЕАРИЗОВАННЫМ ДАННЫМ каждого полного изображения, используемого для расчета спектра, и вычитания этой функции [$S(x_i, y_j)$, см. формулу (4)] из ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ ДАННЫХ. Для каждой области интереса вычисляют двумерное преобразование Фурье без применения какого-либо окна.

Двумерное преобразование Фурье применяют в соответствии с формулой (4). Исходя из формулы 3.44 в (см. [4]), получают рабочую формулу для определения СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА

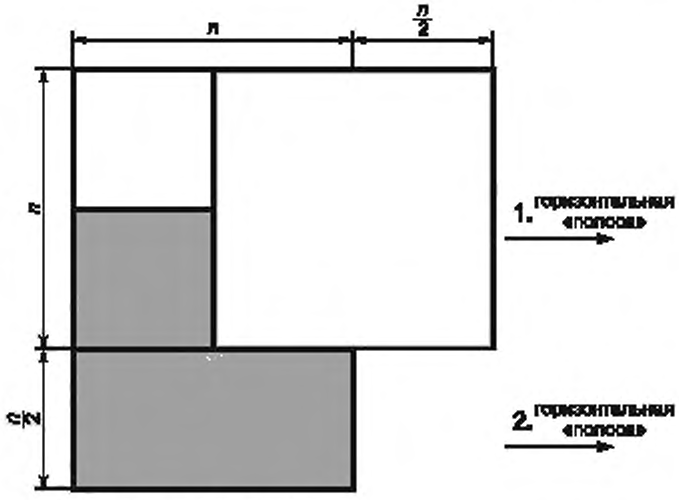
$$W_{out}(u_n, v_k) = \frac{\Delta x \Delta y}{M \cdot 256 \cdot 256} \sum_{m=1}^{M} \left| \sum_{i=1}^{256} \sum_{j=1}^{256} (I(x_i y_j) - S(x_i, y_j)) \exp(-2\pi i (u_n x_i + v_k y_j)) \right|^2, \quad (4)$$

где Δx, Δy — размер ПИКСЕЛЯ соответственно в горизонтальном или вертикальном направлении;

M — число областей интереса;

$I(x_i, y_j)$ — ЛИНЕАРИЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ;

$S(x_i, y_j)$ — двумерный полином, применяемый опционно.



Размер областей интереса должен быть $n = 256$

Рисунок 3 — Расположение областей интереса

Усредненный двумерный СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА получается при усреднении по всем измеренным образцам спектра.

Для получения одномерных срезов двумерного СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА вдоль осей в плоскости ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧАСТОТ используют 15 рядов или столбцов двумерного спектра по каждой оси. Однако усреднение проводят только по семи рядам или столбцам СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА по обеим сторонам соответствующих осей (общее число 14), не учитывая измерения по самим осям. Для всех точек должны быть рассчитаны точные ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ с учетом расстояния от начала по радиусу. Должно быть проведено сглаживание путем усреднения данных по 14 рядам и столбцам, которые находятся в интервале частот $2f_{int}(f - f_{int} \le f \le f + f_{int})$ вокруг ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧАСТОТ, которые должны быть указаны в отчете (см. раздел 7). f_{int} вычисляют по формуле

$$f_{int} = \frac{0{,}01}{\text{шаг пикселя (мм)}}.$$

Примечание — Тот факт, что диапазон частот устанавливается в зависимости от шага ПИКСЕЛЕЙ, всегда обеспечивает постоянство числа используемых точек данных независимо от шага ПИКСЕЛЕЙ, а следовательно, постоянство точности.

Размерность плотности спектральной мощности шума равна квадрату ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ ДАННЫХ на единицу квадрата ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ, т.е. квадрату длины.

Чтобы определить, влияют ли эффекты квантования на СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА, должны быть рассчитаны вариации ИСХОДНЫХ ДАННЫХ (*DN*), которые используются для расчета СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА, для одного изображения. Если вариации больше 0,25 (см. ИСО 12232), можно считать, что ШУМЫ квантования пренебрежимо малы. Если вариации меньше 0,25, данные признают не подходящими для определения спектра мощности шума.

Примечание — В общем случае вариации ИСХОДНЫХ ДАННЫХ больше, чем четверть интервала квантования. Только если число бит при квантовании очень мало, вариации могут быть меньше. Для расчета вариаций квантования, т.е. 1/12, предполагается, что аналоговые величины, которые оцифровываются, имеют равномерное или прямоугольное распределение по отношению к каждому интервалу квантования [2].

Если СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА определяется вдоль диагонали (45° по отношению к горизонтальной или вертикальной оси), усреднение с отдельных образцов должно проводиться аналогично тому, как описано в предыдущих абзацах, но включая значения вдоль диагонали. Эти измерения для 45° могут также потребовать усреднения по сечениям, смежным с 45°, для улучшения точности определения *NPS*.

6.3.3 Определение ФУНКЦИИ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ

Для тех систем, в которых коррекция неоднородности радиационного поля не предусмотрена при нормальном клиническом использовании, должна быть проведена двумерная коррекция изображения ТЕСТ-ОБЪЕКТА. В радиационном поле однородно экспонированного изображения область интереса выбирают, по крайней мере, в 1,5 больше, чем область интереса при определении *MTF*, показанная на рисунке 1. По отношению к ЛИНЕАРИЗОВАННЫМ ДАННЫМ однородно экспонированного изображения применяют двумерный полином второго порядка $[S(x_i,y_j)]$. Проводят направленное удаление в соответствующих областях интереса в изображении ТЕСТ-ОБЪЕКТА по отношению к ЛИНЕАРИЗОВАННЫМ ДАННЫМ в соответствии с формулой 5

$$I_{кор}\,(x_i, y_j)/S(x_i, y_j) \cdot S_{ср}, \qquad (5)$$

где $S_{ср}$ — усредненное значение ПИКСЕЛЯ ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ ДАННЫХ в области интереса однородно экспонированного изображения.

Предварительная ФУНКЦИЯ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ ДОЛЖНА БЫТЬ ОПРЕДЕЛЕНА вдоль двух взаимно перпендикулярных осей, параллельных рядам или столбцам МАТРИЦЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ. Предварительную ФУНКЦИЮ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ определяют как усредненную из тех, которые получены из изображений объекта, повернутого приблизительно на 180°, если такой поворот возможен.

Для определения *MTF* должна быть использована полная длина функции распределения края (*ESF*), определенной для области интереса, показанной на рисунке 1.

Определяют целое число *N* линий (т.е. рядов или столбцов), приводящих к боковому сдвигу края в направлении линии, наиболее близко соответствующей расстоянию пикселей. Для этого могут быть использованы разные методы. Один из них состоит в том, что определяют угол α между краем и столбцами или рядами МАТРИЦЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ и вычисляют N = округленно (1/tg α), где «округление» обозначает выбор ближайшего целого числа. *N* должно быть целым числом.

Примечание — Диапазон значений угла α соответствует диапазону *N* от 20 до 40.

Для создания образцового краевого профиля или *ESF* используют значения ПИКСЕЛЕЙ из ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ ДАННЫХ (см. 6.3.1) *N* последовательных линий (т.е. рядов или столбцов), пересекающих край. Значение первого ПИКСЕЛЯ первой линии дает первую точку данных в образцовой *ESF*, первый ПИКСЕЛЬ во второй линии — вторую точку данных, первый пиксель в *N*-й линии — *N*-ю точку данных. Эту процедуру повторяют для других ПИКСЕЛЕЙ в *N* последовательных линиях, например, значение второго ПИКСЕЛЯ в первой линии дает (N + 1)-ю точку данных, второй ПИКСЕЛЬ во второй линии — (N + 2)-ю точку данных и т.д.

Для расчета усредненной *ESF* эту процедуру повторяют для других групп из *N* последовательных линий вдоль края. Проводят усреднение всех функций распределения края и на основе этой усредненной образцовой *ESF* рассчитывают *MTF*.

Расстояние в образцовой *ESF* считается постоянным и равным длине участка ПИКСЕЛЕЙ Δx, деленной на *N*, т.е. получается $ESF(x_n)$ при $x_n = n(\Delta x/N)$. Образцовая *ESF* дифференцируется на отрезке [–1, 0, 1] или [–0,5 ,0, 0,5], при этом получается образцовая функция распределения линии (*LSF*). Эффект спектрального сглаживания от дифференцирования с конечным элементом может быть скорректирован [6]. Вычисляют преобразование Фурье функции распределения линии, и модуль этого преобразования дает *MTF*. *MTF* нормализован по значению при нулевой частоте. Поскольку расстояние от индивидуальных пикселей до края рассчитывают вдоль направления линии, а не в направлении, перпендикулярном к краю, может быть проведена коррекция шкалы по оси частот (коэффициент шкалы 1/cos α).

Примечание — Если коррекцию с коэффициентом 1/cos α не проводят, ошибка коэффициента шкалы составляет 0,1 %.

Для получения *MTF* при пространственных частотах, которые должны быть указаны в декларации соответствия (см. раздел 7), должны быть получены данные в интервале частот $2f_{int}$ мм$^{-1}$ ($f - f_{int} \le f \le f + f_{int}$, определение f_{int} см. 6.3.2) вокруг этих ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧАСТОТ.

7 Формат декларации соответствия

При указании КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ должны быть также указаны следующие параметры:

- КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ в соответствии с таблицей 1, в случае использования другого КАЧЕСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ — материал мишени, материал и толщина фильтра, АНОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, СЛОЙ ПОЛОВИННОГО ОСЛАБЛЕНИЯ (СПО), в мм Al, и использованное значение SNR^2_{in};

- уровень ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ;
- расстояние между ФОКУСНЫМ ПЯТНОМ и ПОВЕРХНОСТЬЮ ДЕТЕКТОРА, если оно меньше 600 или больше 700 мм;
- отклонения от рекомендуемой геометрии (см. 4.5);
- метод, использованный для определения *MTF*, и его обоснование в случае использования краевого метода, отличного от стандартизованного;
- указания всех расстояний при получении изображения, например, расстояние между ТЕСТ-ОБЪЕКТОМ и плоскостью детектора;
- условия окружающей среды.

Результаты измерения *DQE* должны быть приведены в виде чисел, сведенных в таблицу. Значения *DQE* должны быть указаны для ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧАСТОТ 0,5 мм$^{-1}$, 1 мм$^{-1}$, 1,5 мм$^{-1}$ вплоть до наибольшей ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ, которая ниже частоты Найквиста. В таблицу могут быть добавлены другие параметры. Дополнительно результаты измерения могут быть представлены в виде графика как значения $DQE(u,v)$ в функции ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧАСТОТ при ВОЗДУШНОЙ КЕРМЕ в качестве параметра, по обеим осям используется линейная шкала.

В общем случае значения $DQE(u,v)$ должны быть приведены для обеих осей, горизонтальной и вертикальной. Если отношение $DQE(u,o)/DQE(o,v)|u = v$ находится в диапазоне от 0,9 до 1,1, значения $DQE(u,v)$ для обеих осей могут быть усреднены и указаны как действительные для обеих осей.

Дополнительно могут быть приведены значения *DQE* вдоль диагональной оси, при этом должно быть ясно указано, что *DQE* относится к диагональной оси.

8 Точность

Неопределенность *DQE* следует определять в соответствии с инструкциями GUM [2], используя формулу (2).

Неопределенность представленных значений *DQE* (коэффициент покрытия 2 в соответствии с [2]) должна быть меньше, чем

$\Delta(DQE(u)) = \pm 0{,}06$ или

$\Delta(DQE(u))/DQE(u) = \pm 0{,}1$,

причем выбирается большее значение.

Неопределенность следует указывать в листах данных.

Приложение А
(обязательное)

Определение ЛАГ-ЭФФЕКТОВ

А.1 Испытания для определения аддитивных ЛАГ-ЭФФЕКТОВ

При испытаниях для определения значений аддитивных ЛАГ-ЭФФЕКТОВ должны быть проведены следующие процедуры.

1) По методу, изложенному в 4.6.6, проводят ОБЛУЧЕНИЕ краевого ТЕСТ-ОБЪЕКТА. Следует убедиться, что объект правильно установлен в пучке в соответствии с 4.6.6. ОБЛУЧЕНИЕ должно быть проведено при «опорном» уровне ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ по 4.6.1.

2) Создают изображение, полученное в результате ОБЛУЧЕНИЯ по перечислению 1), следуя методу, предложенному изготовителем.

3) Следуют всем этапам, которые являются частями предлагаемого изготовителем метода при работе цифрового рентгеновского детектора в промежутке между ОБЛУЧЕНИЯМИ.

4) Не проводя облучения ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА, создают второе изображение по методу перечисления 2.

5) Записывают промежуток времени между первым (после облучения) и вторым (без облучения) считываниями с цифрового рентгеновского детектора. Большее из этого промежутка и времени, определенного в А.2, должно быть минимальным временем между снимками, используемым при определении ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА И *MTF*.

6) На изображении по перечислению 2) (после облучения) измеряют усредненное значение ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ ДАННЫХ в прямоугольном участке, включающем, по крайней мере, 1000 ПИКСЕЛЕЙ, смежном, но не перекрывающем площадь изображения объекта высокого контраста по перечислению 2) (область интереса 2, рисунок А.1).

Примечание — 1000 ПИКСЕЛЕЙ — минимальное значение, необходимое для обеспечения того, что относительная разница 0,005 детектируется с доверительной вероятностью 95 % при вероятности детектирования 80 %. Предпочтительнее использовать 10000 ПИКСЕЛЕЙ.

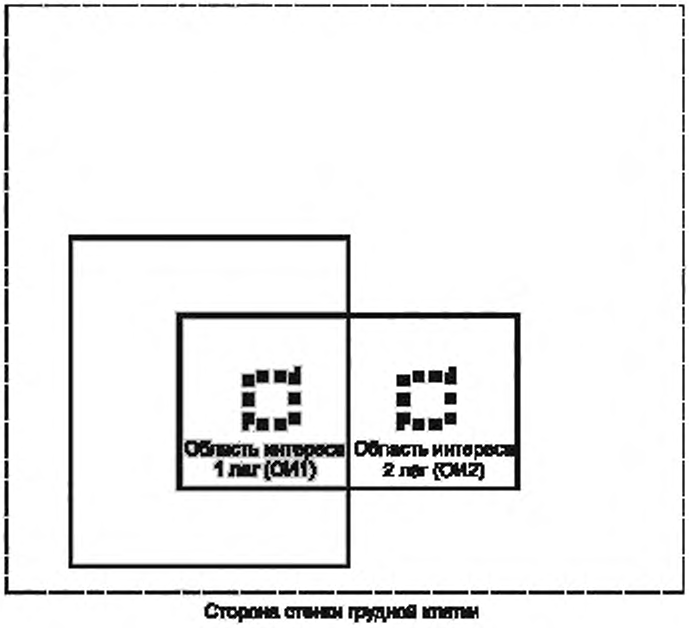


Рисунок А.1 — Определение областей интереса (ОИ)

7) На изображении по перечислению 4) (без облучения) измеряют усредненное значение ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ ДАННЫХ в прямоугольном участке, включающем, по крайней мере, 1000 ПИКСЕЛЕЙ, смежном, но не перекрывающем площадь изображения объекта высокого контраста по перечислению 2) (область интереса 2, рисунок А.1).

8) На изображении по перечислению 4) (без облучения) измеряют усредненное значение ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ ДАННЫХ в прямоугольном участке, включающем, по крайней мере, 100 ПИКСЕЛЕЙ, в пределах области, покрытой изображением объекта высокого контраста (область интереса 1, рисунок А.1).

9) Испытание признают удовлетворительным, если разность измерений по перечислениям 7) и 8), разделенная на измерение по перечислению 6), меньше 0,005.

Это обеспечивает, что вклад ЛАГ-ЭФФЕКТА меньше, чем 0,5 % действующей ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ.

Если испытание не прошло, повторяют его с увеличенным интервалом времени между экспозицией и считыванием цифрового рентгеновского детектора.

Следует отметить, что наличие ЛАГ-ЭФФЕКТОВ за ТЕСТ-ОБЪЕКТОМ, даже если их значение меньше 0,5 %, может негативно влиять на определение *MTF*.

А.2 Испытания для определения мультипликативных ЛАГ-ЭФФЕКТОВ

При испытаниях для определения значения мультипликативных ЛАГ-ЭФФЕКТОВ должны быть проведены следующие процедуры.

1) По методу, изложенному в 4.6.1, проводят ОБЛУЧЕНИЕ без объекта в пучке, используя «опорный» уровень ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ.

2) Создают изображение, полученное в результате ОБЛУЧЕНИЯ по перечислению 1) (изображение 1, после облучения без ТЕСТ-ОБЪЕКТА),следуя методу, предложенному изготовителем.

3) Следуют всем этапам, которые являются частями предлагаемого изготовителем метода при работе цифрового рентгеновского детектора в промежутке между ОБЛУЧЕНИЯМИ.

4) По методу, изложенному в 4.6.6, проводят ОБЛУЧЕНИЕ краевого ТЕСТ-ОБЪЕКТА. Следует убедиться, что объект правильно установлен в пучке в соответствии с 4.6.6. ОБЛУЧЕНИЕ должно быть проведено при наиболее высоком уровне ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ, использованном при измерениях.

5) Создают изображение, полученное в результате ОБЛУЧЕНИЯ по перечислению 4) (изображение 2), следуя методу, предложенному изготовителем.

6) Следуют всем этапам, которые являются частями предлагаемого изготовителем метода при работе цифрового рентгеновского детектора в промежутке между ОБЛУЧЕНИЯМИ.

7) По методу, изложенному в 4.6.1, проводят второе ОБЛУЧЕНИЕ без объекта в пучке, используя нормальный уровень ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ.

8) Создают изображение, полученное в результате ОБЛУЧЕНИЯ по перечислению 7) (изображение 3, после облучения без ТЕСТ-ОБЪЕКТА), следуя методу, предложенному изготовителем. Записывают промежуток времени между вторым (после облучения с ТЕСТ-ОБЪЕКТОМ) и третьим (после ОБЛУЧЕНИЯ без ТЕСТ-ОБЪЕКТА) считываниями с цифрового рентгеновского детектора. Больший из этого промежутка и времени, определенного в А.1, должен быть минимальным временем между снимками, используемым при определении ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА и *MTF*.

9) На изображениях 1 и 3 соответственно измеряют усредненное значение ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ ДАННЫХ в прямоугольном участке, включающем, по крайней мере, 1000 ПИКСЕЛЕЙ в пределах области, покрытой изображением объекта высокого контраста (область интереса 1, рисунок А.1).

10) На изображениях 1 и 3 соответственно измеряют усредненное значение ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ ДАННЫХ в прямоугольном участке, включающем, по крайней мере, 1000 ПИКСЕЛЕЙ, смежном, но не перекрывающем площадь изображения объекта высокого контраста (область интереса 2, рисунок А.1).

11) Испытание признают удовлетворительным, если

$$2\left|\frac{(\text{изображение } 1_{\text{ои}1} - \text{изображение } 1_{\text{ои}2}) - (\text{изображение } 3_{\text{ои}1} - \text{изображение } 3_{\text{ои}2})}{\text{изображение } 1_{\text{ои}2} + \text{изображение } 3_{\text{ои}2}}\right| \le 0{,}005.$$

Это обеспечивает, что вклад ЛАГ-ЭФФЕКТА меньше, чем 0,5 % действующей ВОЗДУШНОЙ КЕРМЫ.

Если испытание не прошло, повторяют его с увеличенным интервалом времени между экспозициями цифрового рентгеновского детектора.

Приложение В
(рекомендуемое)

Расчет входного СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА

Входной СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА равен входящему ПОТОКУ ФОТОНОВ (см. [4], формула 2.134)

$$W_{in}(u, v) = Q, \tag{B.1}$$

где Q — ПОТОК ФОТОНОВ, т.е. число квантов экспозиции на единицу площади, 1/мм^2.

Q зависит от спектра рентгеновского излучения и уровня воздушной кермы:

$$Q = K_a \cdot \int (\Phi(E)/K_a)\, dE = K_a \cdot SNR_{in}^2, \tag{B.2}$$

где K_a — воздушная керма, мкГр;

E — энергия рентгеновского излучения, кэВ;

$\Phi(E)/K_a$ — спектральный поток рентгеновского излучения на ВОЗДУШНУЮ КЕРМУ, 1/(мм^{2}кэВмкГр);

SNR_{in}^2 — квадрат отношения сигнал — шум на ВОЗДУШНУЮ КЕРМУ, (1/мм^{2}мкГр).

Значения, приведенные в таблице 2, рассчитаны с использованием компьютерной программы BOONE [7], основанной на методе Дж.М.Буне [8]. Использованы коэффициенты взаимодействия из NIST [9]. При использовании других программ полученные значения могут незначительно отличаться.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
МЭК 60336:2005	IDT	ГОСТ Р МЭК 60336—2010 Излучатели медицинские рентгенодиагностические. Характеристики фокусных пятен
МЭК 61267:2001	—	*
МЭК 62220-1:2003	IDT	ГОСТ Р МЭК 62220-1—2006 Изделия медицинские электрические. Характеристики цифровых приемников рентгеновского изображения. Часть 1. Определение квантовой эффективности регистрации
ИСО 12232:1998	—	*

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:
- IDT — идентичные стандарты.

Термины

МЭК 60788	МР-...-...-...
Сокращенный термин	МР-...-...с
Термин, определяемый в настоящем стандарте	3.xx
Автоматическое управление экспозиционной дозой	МР-36-46
Анодное напряжение	МР-36-02
Анодный ток	МР-36-07
Блок источника излучения	МР-20-05
Воздушная керма	МР-13-11
Время облучения	МР-36-11
Детектор облучения	МР-51-01
Диафрагма	МР-37-29
Дополнительный фильтр	МР-35-02
Измеритель излучения	МР-50-01
Исходные данные *DN*	3.11
Качество излучения	МР-13-28
Квантовая эффективность регистрации,*DQE*(*u*,*v*)	3.2
ЛАГ-ЭФФЕКТ	3.6
Линеаризованные данные	3.7
Матрица изображения	3.5
Необработанные данные	3.13
Номинальное значение	МР-20-14
Облучение	МР-12-09
Отсеивающий растр	МР-32-06
Пиксель	МР-32-60
Плоскость приемника изображения	МР-37-15
Поверхность детектора	3.3
Поток фотонов	3.12
Пространственная частота *u* или *v*	3.14
Процентная пульсация	МР-36-17
Пучок излучения	МР-37-05
Рассеянное излучение	МР-11-13
Рентгеновская трубка	МР-22-03
Рентгеновский аппарат	МР-20-20
Рентгеновский генератор	МР-20-17
РПУ постоянного напряжения	МР-21-06
Слой половинного ослабления	МР-13-42
Спектр мощности шума(*NPS*), *W*(*u*,*v*)	3.10
Тест-объект	МР-71-04
Усилитель рентгеновского изображения	МР-32-39
Устройство для получения цифрового рентгеновского изображения	3.4
Фокусное пятно	МР-20-13с
Функция передачи модуляции *MTF*(*u*,*v*)	3.8
Функция преобразования	3.1
Шум	3.9

Библиография

Литература, на которую даются ссылки

[1] Доклад ИКРУ 54:1996 Медицинские изображения. Оценка качества изображения

[2] БИПМ, МЭК, ИФСС, ИСО, ИУПАК, ИУПАП и ОИМЛ: 1993, Руководство по выражению неопределенности измерений

[3] Метц У.Ц., Вагнер Р.Ф., Дои К., Броун Д.Г., Нишикава Р.М., Майерс К.Дж. о консенсусе при квантовой оценке медицинских систем изображения. Med. Phys., 1995, 22, с. 1057—1061

[4] Справочник по медицинским изображениям. Т.1: Физика и психофизика. Издатели: Дж.Бойтель, Х.Л. Кундель, Р.Л. Ван Меттер, SPIE 2000

[5] Тапиовара М.Дж., Вагнер Р.Ф. Анализ SNR и DQE рентгеновских изображений широкого спектра. Phys.Med.Biol. 1985, 30, с. 519—529 и перепечатка, Phys.Med.Biol., 1986, 31,с. 195

[6] Каннингхе Н.А., Фенстер А. Метод определения функции передачи модуляции с помощью краевых профилей с коррекцией на различия определенных элементов. Med.Phys., 1987, 14, с. 533—537

[7] Пакет программ BOONE, версия 1.2, 2005 (Л. Батц, Siemens Medical Solutions, Эрланген, Германия)

[8] Буне Дж.М., Фьюелл Т.Р., Дженнингс Р.Дж. Спектральные модели молибденового, родиевого и вольфрамового анода с использованием интерполирующих полиномов и приложение к маммографии. Med.Phys., 1997, 24(12), с. 1863—1874

[9] Веб- сайт НИСТ: http//physics.nist.gov/PhysRetData/XrayMassCoef/cover.html

[10] Гранфорс П.Р., Ауфрихтер Р. DQE(*f*) рентгеновского детектора с плоской панелью на основе аморфного кремния: факторы, влияющие на параметры детектора, и методология измерения Proc. SPIE, 2000, 3977, с. 2–13

[11] Мензер Б., Бастьяенс Р. Дж.М., Насцетти А., Овердик М., Симон М. Линейные системные модели лаг-эффекта в плоских динамических рентгеновских детекторах. Proc. SPIE, 2005, 5745, с. 430—441

[12] Овердик М., Сольф Т., Вишманн Х.А. Временные артефакты в плоских динамических рентгеновских детекторах. Proc. SPIE, 2001, 4320, с. 47—58

Другая литература, представляющая интерес

Дейнти Дж.К., Шоу Р. Наука об изображениях.Academic Press, Лондон, 1974, глава 5, с. 153

Дейнти Дж.К., Шоу Р. Наука об изображениях.Academic Press, Лондон, 1974, глава 8, с. 312

Дейнти Дж.К., Шоу Р. Наука об изображениях.Academic Press, Лондон, 1974, глава 8, с. 280

Шоу Р. Эквивалентная квантовая эффективность фотографического процесса.J. Rhys. Sc., 1963, 11, с. 199—204

Стайерсторфер Р., Спан М. Самонормализирующийся метод измерения квантовой эффективности регистрации широкого диапазона рентгеновских детекторов. Med. Rhys., 1999, 26, с. 1312—1319

Хиллен В., Шибель У., Зенгель Т. Получение изображения в цифровых системах на основе фосфора. Med. Phys.,1987,14, с. 744—751

Каннингхем И.А. В докладе ААПМ. Стандарт для измерения спектра мощности шума. Декабрь, 1999

Самеи Е., Флинн М.Дж., Рейманн Д.А. Метод измерения образцовой MTF цифровых радиографических систем с использованием краевого тест-объекта устройства. Med. Phys.,1998, 25, с. 102—113

Каннингхем И.А. Деградация квантовой эффективности регистрации вследствие отсутствия единства коэффициента заполнения детектора. Proceedings SPIE, 1997,3032, с. 22—31

Сиверден Дж.Х., Антонюк Л.Е., Эль-Мохри И., Иоркстон Дж., Хуанг В., Каннингхем И.А. Сигнал, спектр мощности шума и квантовая эффективность регистрации в устройствах для получения изображений на плоских панелях непрямого детектирования для диагностической радиологии. Med. Phys.,1998, 25, с. 614—628

Доббинс III Дж.Т. Эффекты предварительного отбора при интерпретации функции передачи модуляции, спектра мощности шума и эквивалентного квантового шума цифровых систем изображения.Med. Phys., 1995, 22, с. 171—181

Доббинс III Дж.Т., Эрган Д.Л., Рутц Л., Хиншоу Д.А, Блюме Х., Кларк Д.К. DQE(*f*) четырех поколений устройств для компьютерной радиографии. Med. Phys., 22, 1995, с. 1581—1593

Самеи Е., Флинн М.Дж., Чотас Х.Г., Доббинс III Дж.Т. DQE прямых и непрямых цифровых радиографических систем. Proceedibgs of SPTE, 2001, 4320, с. 189—197

МЭК 61262-5:1994 Изделия медицинские электрические. Характеристики электронно-оптических рентгеновских усилителей изображения. Часть 5. Определение квантовой эффективности регистрации

ИСО 12233:2000 Фотография. Электронные камеры для регистрации статических изображений. Измерение разрешающей способности

ИСО 15529:1999 Оптика и оптические инструменты. Функция оптической передачи. Принципы измерения функции передачи модуляции (MTF) систем изображения

Доклад ИКРУ 41,1986 Функция передачи модуляции систем экран-пленка

Доббинс III Дж.Т. Измерения качества изображений в цифровых системах. В книге: Справочник по медицинским изображениям. Т.1. Издатели: Дж. Бойтель, Х.Л. Кундель, Р.Л. Ван Меттер, SPIE Press, 2000

УДК 615.849.12:006.354 ОКС 11.040.50 Ф32 ОКП 94 4220

Ключевые слова: изделия медицинские электрические, безопасность, устройства для получения цифровых рентгеновских изображений, квантовая эффективность регистрации, детекторы, маммография

Редактор *О.А. Стояновская*
Технический редактор *Н.С. Грошанова*
Корректор *В.И. Варенцова*
Компьютерная верстка *В.И. Грищенко*

Сдано в набор 11.11.2011. Подписано в печать 13.12.2011. Формат 60x84 1/8. Гарнитура Ариал. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,45. Тираж 80 экз. Зак. 1227.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.