МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

**ГОСТ IEC 62220-1— 2011**

# Изделия медицинские электрические

# ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИФРОВЫХ ПРИЕМНИКОВ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

## Часть 1

## Определение квантовой эффективности регистрации

(IEC 62220-1:2003, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2013

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

Цели, основные принципы и порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0—92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2009 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

**Сведения о стандарте**

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении» (ВНИИНМАШ)

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 29 ноября 2011 г. № 40)

За принятие стандарта проголосовали:

| Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97 | Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97 | Сокращенное наименование национального органа по стандартизации |
|---|---|---|
| Беларусь | BY | Госстандарт Республики Беларусь |
| Казахстан | KZ | Госстандарт Республики Казахстан |
| Киргизия | KG | Кыргызстандарт |
| Россия | RU | Росстандарт |
| Таджикистан | TJ | Таджикстандарт |
| Узбекистан | UZ | Узстандарт |

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011 г. № 1394-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC 62220-1—2011 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2013 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 62220-1:2003 Medical electrical equipment — Characteristics of digital X-ray imaging devices — Part 1: Determination of the detective quantum efficiency (Изделия медицинские электрические. Характеристики цифровых приемников рентгеновского изображения. Часть 1. Определение квантовой эффективности регистрации).

Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам приведены в дополнительном приложении ДА.

Степень соответствия — идентичная (IDT).

Стандарт подготовлен на основе применения ГОСТ Р МЭК 62220-1—2006

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном 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, 2013

В Российской Федерации 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 Рабочие условия . . . 3
4.2 РЕНТГЕНОВСКИЙ АППАРАТ . . . 3
4.3 КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ . . . 3
4.4 ТЕСТ-ОБЪЕКТ . . . 4
4.5 Геометрия . . . 5
4.6 Условия экспонирования . . . 6
4.6.1 Общие условия . . . 6
4.6.2 Измерение экспозиционной дозы . . . 7
4.6.3 Исключение влияния «ОСТАТОЧНЫХ» СИГНАЛОВ . . . 8
4.6.4 ЭКСПОЗИЦИЯ для определения ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ . . . 8
4.6.5 ЭКСПОЗИЦИЯ для определения СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА . . . 8
4.6.6 ЭКСПОЗИЦИЯ с ТЕСТ-ОБЪЕКТОМ . . . 9
5 Корректировка НЕОБРАБОТАННЫХ ДАННЫХ . . . 9
6 Определение КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ . . . 10
6.1 Определение и формула для *DQE(u, v)* . . . 10
6.2 Параметры, используемые для вычислений . . . 10
6.3 Оценка различных параметров с использованием зарегистрированных изображений . . . 10
6.3.1 Линеаризация данных . . . 10
6.3.2 СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА *(NPS)* . . . 11
6.3.3 Определение ФУНКЦИИ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ *(MTF)* . . . 13
7 Формат представления результатов . . . 13
8 Точность . . . 15
Приложение А (обязательное) Оценка влияния «ОСТАТОЧНЫХ» СИГНАЛОВ . . . 16
Приложение В (обязательное) Указатель терминов . . . 18
Приложение С (справочное) Оценка входного СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА . . . 20
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам . . . 21
Библиография . . . 22

## Введение

Настоящий стандарт является прямым применением международного стандарта IEC 62220-1:2003 «Изделия медицинские электрические — Характеристики цифровых приемников рентгеновского изображения. Часть 1: Определение квантовой эффективности регистрации».

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й  С Т А Н Д А Р Т**

**Изделия медицинские электрические**

# ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИФРОВЫХ ПРИЕМНИКОВ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

**Часть 1**

**Определение квантовой эффективности регистрации**

Medical electrical equipment. Characteristics of digital X-ray imaging devices.
Part 1. Determination of the detective quantum efficiency

**Дата введения — 2013—01—01**

## 1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает метод оценки КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ *(DQE)* ЦИФРОВЫХ ПРИЕМНИКОВ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ как функции дозы и ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ при определенных рабочих условиях, соответствующих рекомендованным производителем для применения в клинической практике.

Настоящий стандарт распространяется на ЦИФРОВЫЕ ПРИЕМНИКИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ проекционного типа, которые используются в медицинской рентгенодиагностике. Область применения настоящего стандарта ограничена ЦИФРОВЫМИ ПРИЕМНИКАМИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ для рентгенографии, такими как: системы для компьютерной рентгенографии (CR системы), системы на основе селена, детекторы в виде плоских панелей, системы на основе ПЗС-матриц и цифровые УСИЛИТЕЛИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ, используемые для рентгенографии.

Настоящий стандарт не распространяется на:

- ЦИФРОВЫЕ ПРИЕМНИКИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ, предназначенные для использования в маммографии или в дентальной рентгенографии;
- КОМПЬЮТЕРНУЮ ТОМОГРАФИЮ;
- системы, в которых осуществляется сканирование рентгеновским лучом поперек (вдоль) тела пациента;
- устройства с динамическим формированием изображений (с регистрацией серии изображений, например при рентгеноскопии или исследовании сердечно-сосудистой системы — коронарографии, ангиографии и т. п.).

Примечание — Настоящий стандарт не распространяется на устройства, отмеченные выше, поскольку они обладают параметрами, отличающими их от систем для общей рентгенографии (например, качество рентгеновского пучка, геометрия, временные характеристики и т. д.). Предполагается разработать для некоторых из этих устройств отдельные стандарты, как это было сделано для других характеристик, например для чувствительности и контраста, в стандартах IEC и ISO.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие международные стандарты:

ISO 12232:1998[1)] Photography — Electronic still-picture cameras — Determination of ISO speed (Фотография. Электронные фотокамеры. Определение чувствительности по ISO)

[1)] В настоящее время действует ISO 12232:2006.

**Издание официальное**

ISO 12233:2000 Photography. Electronic still-picture cameras. Resolution measurements (Фотография. Электронные фотокамеры. Измерение разрешающей способности)

ISO 15529:1999 Optics and optical instruments — Optical transfer function — Principles of measurement of modulation transfer function (MTF) of sampled imaging systems (Оптика и оптические приборы. Оптическая передаточная функция. Принципы измерения функции передачи модуляции систем отобранных изображений)

IEC 60336:1993[1)] X-ray tubes assemblies for medical diagnosis; characteristics of focal spots (Рентгенодиагностические трубки для медицинской диагностики. Характеристики фокусного пятна)

IEC 60601-2-7:1998 Medical electrical equipment — Part 2-7: Particular requirements for the safety of high-voltage generators of diagnostic X-ray generators (Изделия медицинские электрические. Часть 2-7. Частные требования безопасности к генераторам высокого напряжения диагностических рентгеновских аппаратов)

IEC 60788:1984 Medical radiology — Terminology (Медицинская радиология. Терминология)

IEC 61267:1994[2)] Medical diagnostic X-ray equipment — Radiation conditions for use in the determination of characteristics (Оборудование медицинское для рентгенодиагностики. Радиационные условия при определении характеристик)

## 3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **ЦЕНТРАЛЬНАЯ ОСЬ:** Линия, перпендикулярная к ПЛОСКОСТИ ПРИЕМНИКА ИЗОБРАЖЕНИЯ и проходящая через центр входного поля.

3.2 **ФУНКЦИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ:** Зависимость выходного сигнала ЦИФРОВОГО ПРИЕМНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ (ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ DN — значения яркости элементов изображения), полученного усреднением по большой области изображения, от количества рентгеновских квантов на единицу площади $Q$ в ПЛОСКОСТИ ПРИЕМНИКА ИЗОБРАЖЕНИЯ.

Примечание 1 — Величину $Q$ вычисляют как произведение экспозиционной дозы во входной плоскости детектора (при исключении обратного рассеяния) на значение $SNR_{in}^2$, приведенное в таблице 2.

Примечание 2 — Обычно КЕРМУ В ВОЗДУХЕ заменяют экспозиционной дозой.

Примечание 3 — Многие лаборатории, например национальных метрологических институтов, калибруют ДОЗИМЕТРЫ для измерения КЕРМЫ В ВОЗДУХЕ.

3.3 **КВАНТОВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕГИСТРАЦИИ *DQE (u, v).*** Отношение двух функций, каждая из которых представляет собой СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА *(NPS)*; причем в числителе записан СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА входного сигнала (на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА), пропущенный через фильтр с характеристикой, которая задается передаточной функцией системы, а в знаменателе — СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА выходного сигнала, измеренный с использованием ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.

Примечание — Вместо двухмерной функции КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ часто представляют сечение двухмерной функции вдоль оси, соответствующей одной из пространственных частот.

3.4 **ПОВЕРХНОСТЬ ДЕТЕКТОРА:** Поверхность, являющаяся самой близкой к плоскости рентгеночувствительных элементов детектора с учетом всех защитных элементов (включая ОТСЕИВАЮЩИЙ РАСТР и компоненты для АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗОЙ, если применяются), которые могут быть аккуратно удалены из ПУЧКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ без повреждения цифрового рентгеновского детектора.

3.5 **ЦИФРОВОЙ ПРИЕМНИК РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ:** Устройство, состоящее из цифрового рентгеновского детектора, включая защитные слои, используемые на практике, электронику для усиления и оцифровки сигналов и компьютера, формирующего ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ изображения.

3.6 **МАТРИЦА ИЗОБРАЖЕНИЯ:** Расположение элементов матрицы, предпочтительно в прямоугольной (декартовой) системе координат.

3.7 **ЭФФЕКТ ВЛИЯНИЯ «ОСТАТОЧНЫХ» СИГНАЛОВ:** Влияние предыдущего изображения на текущее.

---

[1)] В настоящее время действует IEC 60336:2005.

[2)] В настоящее время действует IEC 61267:2006.

3.8 **ЛИНЕАРИЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ:** ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ, обработанные с использованием ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ.

Примечание — Значения ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ ДАННЫХ прямо пропорциональны экспозиционной дозе.

3.9 **ФУНКЦИЯ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ *MTF (u, v):*** Модуль комплексной (в общем случае) оптической функции передачи, представляющей собой функцию ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧАСТОТ *u* и *v*.

3.10 **ШУМ:** Флюктуации ожидаемой величины стохастического процесса.

3.11 **СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА *(NPS) W(u, v):*** Модуль преобразования Фурье автокорреляционной функции ШУМА. Мощность ШУМА, заключенная в двухмерном частотном интервале, как функция двух ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧАСТОТ.

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

3.12 **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ *(DN):*** НЕОБРАБОТАННЫЕ ДАННЫЕ, к которым применены только допускаемые настоящим стандартом виды корректирующей обработки.

3.13 **ФЛЮЕНС *Q*:** Среднее число фотонов на единицу площади.

3.14 **НЕОБРАБОТАННЫЕ ДАННЫЕ:** Значения сигналов яркости каналов (пикселей), считанные непосредственно после аналого-цифрового преобразования в ЦИФРОВОМ ПРИЕМНИКЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ без какой-либо коррекции с использованием программного обеспечения.

3.15 **ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЧАСТОТА *u или v*.** Величина, обратная периоду повторения анализируемого объекта в пространстве. Размерность ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ — величина, обратная линейному размеру.

## 4 Требования

### 4.1 Рабочие условия

ЦИФРОВОЙ ПРИЕМНИК РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ должен храниться и эксплуатироваться в соответствии с рекомендациями предприятия-изготовителя. Время прогрева должно быть выбрано в соответствии с рекомендациями предприятия-изготовителя. Рабочие условия при проведении испытаний должны быть такими же, как и для клинических исследований, и должны поддерживаться постоянными в течение испытаний, которые описаны ниже.

Климатические условия в помещении, где эксплуатируется ЦИФРОВОЙ ПРИЕМНИК РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ, должны быть приведены в отчете вместе с результатами испытаний.

### 4.2 РЕНТГЕНОВСКИЙ АППАРАТ

Для испытаний, описанных в следующих разделах настоящего стандарта, используется РЕНТГЕНОВСКОЕ ПИТАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ (см. IEC 60601-2-7). Коэффициент ПУЛЬСАЦИЙ АНОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ, выраженный в процентах, должен быть равен или менее 4.

Номинальный размер ФОКУСНОГО ПЯТНА (см. IEC 60336) должен быть не более 1,2 мм.

Для измерения экспозиционной дозы должны использоваться поверенные ДОЗИМЕТРЫ. Погрешность измерения (при коэффициенте перекрытия 2) должна быть менее 5 %.

Примечание 1 — «Погрешность» и «коэффициент перекрытия» — термины, определенные в стандартах ISO для обозначения ошибок измерения [1].

Примечание 2 — ДОЗИМЕТРЫ для оценки, например КЕРМЫ В ВОЗДУХЕ, калибруют в специализированных метрологических лабораториях.

### 4.3 КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ

Испытания могут проводиться при одном или нескольких из четырех вариантов КАЧЕСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ, представленных в IEC 61267 (см. также таблицу 1 настоящего стандарта). Если используется только одно КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ, то предпочтительно выбрать КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ *RQA 5*.

Применение различных вариантов КАЧЕСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ представлено в IEC 61267.

Примечание 1 — В соответствии с IEC 61267 КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ характеризуется фиксированным ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ФИЛЬТРОМ и СЛОЕМ ПОЛОВИННОГО ОСЛАБЛЕНИЯ, который реализуется при этой фильтрации при заданном АНОДНОМ НАПРЯЖЕНИИ на РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКЕ (максимально близком к представленным в таблице 1).

Примечание 2 — ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ФИЛЬТР — фильтр, который добавляется к собственному фильтру РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ.

Примечание 3 — Не все РЕНТГЕНОВСКИЕ ПИТАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ способны обеспечить низкие дозы, особенно для качества излучения *RQA* 9. В этом случае рекомендуется увеличить расстояние «ФОКУСНОЕ ПЯТНО — ПОВЕРХНОСТЬ ДЕТЕКТОРА».

Таблица 1 — КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ (см. IEC 61267) для определения КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ и соответствующих параметров

| КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ | Приблизительное АНОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ на РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКЕ, кВ | СЛОЙ ПОЛОВИННОГО ОСЛАБЛЕНИЯ (СПО), мм Al | ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ФИЛЬТР, мм Al |
|---|---|---|---|
| RQA3 | 50 | 4,0 | 10,0 |
| RQA5 | 70 | 7,1 | 21,0 |
| RQA7 | 90 | 9,1 | 30,0 |
| RQA9 | 120 | 11,5 | 40,0 |

### 4.4 ТЕСТ-ОБЪЕКТ

ТЕСТ-ОБЪЕКТ для определения ФУНКЦИИ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ и оценки влияния ЭФФЕКТОВ «ОСТАТОЧНЫХ» СИГНАЛОВ представляет собой вольфрамовую пластину (чистота более 90 %) толщиной 1 мм, длиной 100 мм и шириной, по крайней мере, 75 мм (см. рисунок 1). Недостаточная чистота вольфрама должна быть компенсирована увеличением толщины пластины.

Вольфрамовую пластину применяют в качестве ТЕСТ-ОБЪЕКТА «острый край», поэтому край, используемый для регистрации изображения, должен быть тщательно отполирован как в плоскости пластины, так и под углом 90° к этой плоскости. Если край экспонируют в контакте с пленкой без усиливающего экрана, то изображение на пленке не должно иметь неравномерностей вдоль края размером более 5 мкм.

Вольфрамовая пластина должна быть зафиксирована на свинцовой пластине толщиной 3 мм (см. рисунок 1). Такая конструкция позволит проводить измерения ФУНКЦИИ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ ЦИФРОВЫХ ПРИЕМНИКОВ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ в одном из направлений.

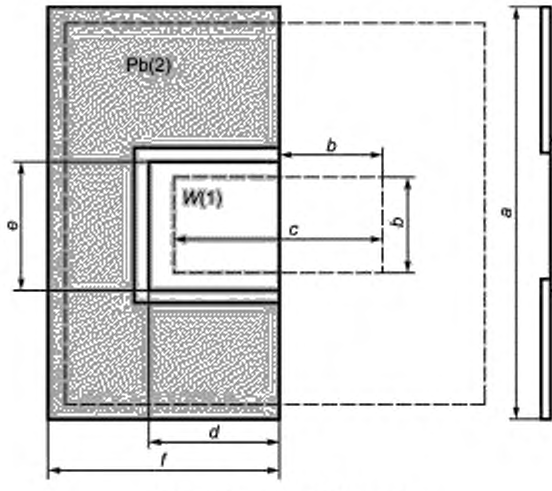
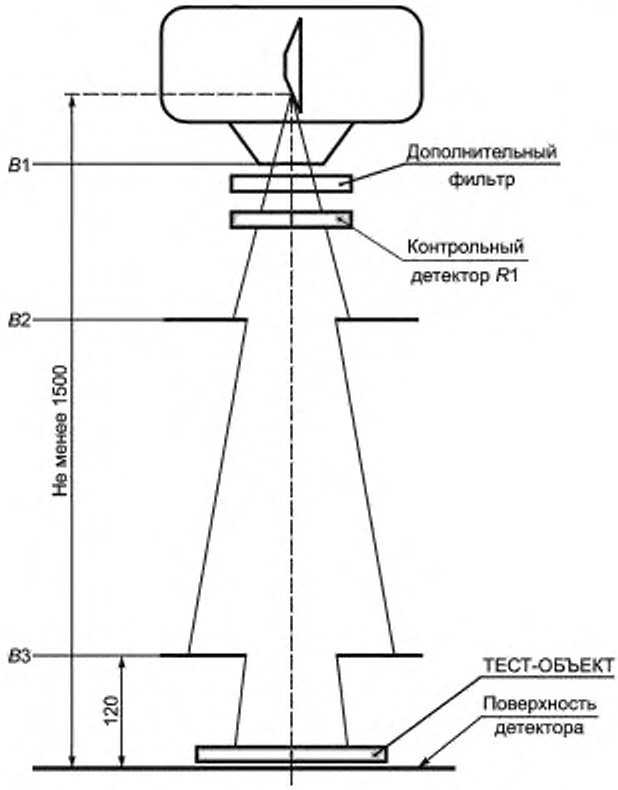



Рисунок 1 — ТЕСТ-ОБЪЕКТ

Примечание — ТЕСТ-ОБЪЕКТ содержит вольфрамовую пластину *W* (1) толщиной 1 мм, зафиксированную на свинцовой пластине Pb (2) толщиной 3 мм. Размеры свинцовой пластины: *a* = 200 мм, *d* = 70 мм, *e* = 90 мм, *f* = 100 мм. Размеры вольфрамовой пластины: 100 · 75 мм. Размеры области интереса ROI, используемой для оценки *MTF* и определяемой как *b* · *c*, должны быть 50 · 100 мм (эта область отмечена на рисунке 1 внутренней пунктирной линией). Размеры области экспонирования на поверхности приемника (отмечена внешней пунктирной линией) должны быть, по крайней мере, 160 · 160 мм.

### 4.5 Геометрия

Геометрия проведения измерений должна соответствовать приведенной на рисунке 2. РЕНТГЕНОВСКИЙ АППАРАТ используется в той же конфигурации, что и при обычных диагностических процедурах. Расстояние между ФОКУСНЫМ ПЯТНОМ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ и ПОВЕРХНОСТЬЮ ДЕТЕКТОРА должно быть не менее 1,50 м. Если по техническим причинам расстояние не может быть 1,50 м или более, выбирают меньшее расстояние, но его значение должно быть указано в представляемых результатах (в отчете).




Примечание — При определении СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА или ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕСТ-ОБЪЕКТ не используют.

Рисунок 2 — Геометрия облучения ЦИФРОВОГО ПРИЕМНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ при определении ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА и ФУНКЦИИ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ

ТЕСТ-ОБЪЕКТ размещают непосредственно на передней ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА. Центр края ТЕСТ-ОБЪЕКТА должен быть установлен по ЦЕНТРАЛЬНОЙ ОСИ ПУЧКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. Отклонение от ЦЕНТРАЛЬНОЙ ОСИ будет снижать оценку ФУНКЦИИ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ. ЦЕНТРАЛЬНАЯ ОСЬ может быть определена по максимуму *MTF* при различных смещениях ТЕСТ-ОБЪЕКТА.

Рекомендуется, чтобы положение и ТЕСТ-ОБЪЕКТА, и ПУЧКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ было привязано к центру входной ПЛОСКОСТИ ПРИЕМНИКА ИЗОБРАЖЕНИЯ. В противном случае необходимо совместить положение центров ПУЧКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ и ТЕСТ-ОБЪЕКТА.

В конфигурации, представленной на рисунке 2, ДИАФРАГМА *B*1 и ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ФИЛЬТР должны быть размещены в непосредственной близости от ФОКУСНОГО ПЯТНА РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ. ДИАФРАГМЫ *B*2 и *B*3 могут использоваться, но могут быть исключены, если будет доказано, что это не повлияет на результаты измерений. ДИАФРАГМА *B*1 и (если используется) ДИАФРАГМА *B*2, а также ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ФИЛЬТР должны быть в фиксированном положении по отношению к ФОКУСНОМУ ПЯТНУ. ДИАФРАГМА *B*3 (если используется) и ПОВЕРХНОСТЬ ДЕТЕКТОРА должны фиксироваться друг относительно друга при различных расстояниях от ФОКУСНОГО ПЯТНА. Квадратная ДИАФРАГМА *B*3 (если используется) должна располагаться на расстоянии 120 мм перед входной ПОВЕРХНОСТЬЮ ДЕТЕКТОРА и иметь размеры, обеспечивающие рентгеновское поле в ПЛОСКОСТИ ПРИЕМНИКА ИЗОБРАЖЕНИЯ размером не менее 160 · 160 мм. АПЕРТУРУ ДИАФРАГМЫ *B*2 можно изменять так, чтобы при изменении расстояния ПУЧОК РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ оставался строго коллимированным. Размеры облучаемого поля на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА должны быть не менее 160 · 160 мм.

Ослабляющие свойства ДИАФРАГМ должны быть такими, чтобы рентгеновское излучение, прошедшее через заграждающие области, не влияло на результаты измерений.

АПЕРТУРА ДИАФРАГМЫ *B*1 должна быть достаточно большой, чтобы ПОЛУТЕНЬ рентгеновского пучка была вне чувствительной области контрольного детектора (контрольного ДОЗИМЕТРА) *R*1 и АПЕРТУРЫ ДИАФРАГМЫ *B*2 (если используются).

Контрольный детектор *R*1 используется для подтверждения корректной работы РЕНТГЕНОВСКОГО ГЕНЕРАТОРА. Он может быть расположен внутри ПУЧКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, которым облучают ПОВЕРХНОСТЬ ДЕТЕКТОРА, если он относительно прозрачен и не имеет встроенных элементов, в противном случае он должен быть помещен вне пучка. Погрешность (стандартное отклонение 1σ) этого контрольного детектора должна быть не более 2 %. Соотношения между показаниями контрольного детектора и экспозиционной дозой в ПЛОСКОСТИ ПРИЕМНИКА ИЗОБРАЖЕНИЯ должны быть определены для каждого КАЧЕСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ (см. также 4.6.2). Для уменьшения эффектов ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ от объектов позади приемника должно быть обеспечено минимальное расстояние 500 мм до каждого из этих объектов.

Примечание — На калибровку контрольного детектора могут влиять положение ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ФИЛЬТРА и положение шторок в излучателе. Поэтому изменение их положения требует перекалибровки контрольного детектора.

Представленная геометрия используется как для получения изображения однородного поля в ПЛОСКОСТИ ПРИЕМНИКА ИЗОБРАЖЕНИЯ (для оценки ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ и СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА), так и для получения изображения ТЕСТ-ОБЪЕКТА (см. 4.6.6). При всех измерениях должна быть экспонирована одна и та же область ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА. Положение центра этой области по отношению либо к центру, либо к границам цифрового рентгеновского приемника должно быть зафиксировано.

При определении СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА или ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕСТ-ОБЪЕКТ удаляют.

### 4.6 Условия экспонирования

#### 4.6.1 Общие условия

Перед любыми испытаниями должна быть проведена калибровка цифрового рентгеновского приемника, т. е. проведены операции, необходимые для коррекции данных в соответствии с разделом 5 настоящего стандарта. Перекалибровка ЦИФРОВОГО ПРИЕМНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ между любыми сериями измерений не допускается.

Уровень экспозиционной дозы должен быть выбран таким, который используется при применении ЦИФРОВОГО ПРИЕМНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ в клинической практике. Такой уровень экспозиционной дозы называется «нормальным уровнем» и определяется предприятием-изготовителем.

Должны быть выбраны, по крайней мере, два дополнительных уровня экспозиционной дозы: один в 3,2 раза выше, другой — в 3,2 раза ниже «нормального уровня». При изменении уровня экспозиционной дозы не допускается изменение настроек системы (например усиления и т. д.).

Примечание — Коэффициент 3 в уровнях дозы выше и ниже «нормального» приблизительно соответствует светлым и темным областям в пределах одного рентгеновского изображения.

Для того, чтобы перекрыть диапазон различных клинических приложений, могут быть выбраны дополнительные «нормальные уровни». Для этих дополнительных «нормальных уровней» могут быть выбраны другие настройки системы, которые должны оставаться неизменными в течение всего времени проведения испытаний.

Каждая ЭКСПОЗИЦИЯ должна быть непрерывной. Изменение экспозиционной дозы производится изменением АНОДНОГО ТОКА РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ или изменением ВРЕМЕНИ ЭКСПОЗИЦИИ, или тока и времени одновременно. ВРЕМЯ ЭКСПОЗИЦИИ и уровень экспозиционной дозы должны соответствовать значениям, используемым в клинической практике для данного ЦИФРОВОГО ПРИЕМНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ. Необходимо устранить ЭФФЕКТЫ ВЛИЯНИЯ «ОСТАТОЧНЫХ» СИГНАЛОВ (см. 4.6.3).

Условия экспозиции приводят в отчете вместе с результатами (см. раздел 7 настоящего стандарта).

При изменении АНОДНОГО ТОКА РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ или ВРЕМЕНИ ЭКСПОЗИЦИИ необходимо контролировать КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ (оно должно быть проверено на самом низком уровне экспозиционной дозы).

**4.6.2 Измерение экспозиционной дозы**

Экспозиционную дозу на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА измеряют соответствующими ДОЗИМЕТРАМИ. Для этой цели ЦИФРОВОЙ ПРИЕМНИК РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ удаляют из ПУЧКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ и на его место помещают чувствительный элемент ДОЗИМЕТРА (после ДИАФРАГМЫ *B3* в плоскости ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА). Необходимо позаботиться об уменьшении обратного рассеяния. Необходимо также определить и записать взаимосвязь показаний ДОЗИМЕТРА и контрольного детектора (если используется). Эту взаимосвязь используют для вычисления значения экспозиционной дозы на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА, когда выполняют ЭКСПОЗИЦИЮ для определения ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА и ФУНКЦИИ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ. Рекомендуется проводить около пяти измерений экспозиционной дозы, достоверным считают полученное среднее значение.

Примечание — Для уменьшения обратного рассеяния можно поместить свинцовый экран толщиной 4 мм на расстоянии 450 мм позади ДОЗИМЕТРА. Было экспериментально доказано, что при этих условиях уровень РАССЕЯННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ не превышает 0,5 %. Если свинцовый экран разместить на расстоянии 250 мм, уровень РАССЕЯННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ не превысит 2,5 %.

Если цифровой рентгеновский приемник невозможно удалить, экспозиционная доза на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА может быть вычислена по закону обратных квадратов расстояния. Для этого экспозиционную дозу измеряют на различных расстояниях от ФОКУСНОГО ПЯТНА перед ПОВЕРХНОСТЬЮ ДЕТЕКТОРА. При проведении этих измерений следует избегать излучения, рассеянного от ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА. Рекомендуется, чтобы минимальное расстояние между ПОВЕРХНОСТЬЮ ДЕТЕКТОРА и чувствительным элементом ДОЗИМЕТРА было равно 450 мм.

Если используется контрольный детектор, то строят следующую зависимость $f(d)$ как функцию расстояния $d$ между ФОКУСНЫМ ПЯТНОМ и ДОЗИМЕТРОМ:

$$f(d) = \sqrt{\frac{\text{Показание контрольного детектора}}{\text{Показание дозиметра}}}.$$

Экстраполируя эту приблизительно линейную зависимость до расстояния между ФОКУСНЫМ ПЯТНОМ и ПОВЕРХНОСТЬЮ ДЕТЕКТОРА $r_{sid}$, получают отношение показаний двух приборов на расстоянии $r_{sid}$, что позволяет определить уровень экспозиционной дозы на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА для каждого показания контрольного детектора.

Если контрольный детектор не используется, то строится зависимость корня квадратного из обратного значения показания ДОЗИМЕТРА от расстояния между ФОКУСНЫМ ПЯТНОМ и ДОЗИМЕТРОМ. Повторяя процедуру экстраполяции, приведенную выше, получают значение экспозиционной дозы на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА.

Примечание — Для уменьшения влияния РАССЕЯННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ может быть использован свинцовый лист толщиной 4 мм, помещенный перед ПОВЕРХНОСТЬЮ ДЕТЕКТОРА.

**4.6.3 Исключение влияния «ОСТАТОЧНЫХ» СИГНАЛОВ**

«ОСТАТОЧНЫЕ» СИГНАЛЫ могут влиять на результаты измерения ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ и СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА и, следовательно, на измерение КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ.

ЭФФЕКТ ВЛИЯНИЯ «ОСТАТОЧНЫХ» СИГНАЛОВ может включать в себя аддитивную (добавочное смещение) и мультипликативную (изменение усиления) составляющие. Значения обеих составляющих должны быть оценены.

В процессе оценки ЭФФЕКТА ВЛИЯНИЯ «ОСТАТОЧНЫХ» СИГНАЛОВ ЦИФРОВОЙ ПРИЕМНИК РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ должен работать в соответствии с рекомендациями предприятия-изготовителя. Должен быть выдержан минимальный интервал времени между двумя последовательными ЭКСПОЗИЦИЯМИ (который определяют при использовании процедур, приведенных в приложении А) с тем, чтобы не допустить влияния «ОСТАТОЧНЫХ» СИГНАЛОВ на измерение КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ.

Примечание — Появлению «ОСТАТОЧНЫХ» СИГНАЛОВ могут способствовать следующие особенности ЦИФРОВОГО ПРИЕМНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ: соотношение времени облучения и времени считывания информации, метод стирания остатков предыдущего изображения, время от окончания стирания до новой ЭКСПОЗИЦИИ, время от окончания считывания до новой ЭКСПОЗИЦИИ, использование «фиктивного считывания» для стирания остатков предыдущего изображения и т. д.

Для оценки ЭФФЕКТА ВЛИЯНИЯ «ОСТАТОЧНЫХ» СИГНАЛОВ должна быть использована процедура, описанная в приложении А.

**4.6.4 ЭКСПОЗИЦИЯ для определения ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ**

Настройки ЦИФРОВОГО ПРИЕМНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ должны быть такими же, как в случае получения изображения ТЕСТ-ОБЪЕКТА. Условия ЭКСПОЗИЦИИ должны соответствовать геометрии, представленной на рисунке 2, но без ТЕСТ-ОБЪЕКТА. Экспозиционную дозу измеряют в соответствии с 4.6.2. ФУНКЦИЮ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ определяют в диапазоне доз от нуля до четырехкратного превышения «нормального уровня».

ФУНКЦИЮ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ для нулевого уровня экспозиционной дозы можно определять по «темному» изображению, полученному при тех же условиях, что и обычное рентгеновское изображение. Минимальный уровень экспозиционной дозы не должен превышать пятой части «нормального уровня».

В зависимости от формы ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ изменяется число необходимых ЭКСПОЗИЦИЙ: если нужно проверить только линейность ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, достаточно пяти ЭКСПОЗИЦИЙ, экспозиционные дозы которых равномерно распределены внутри требуемого диапазона. Если определяют полную ФУНКЦИЮ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, то экспозиционная доза должна изменяться так, чтобы максимальное увеличение десятичного логарифма дозы было не более 0,1. КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ для всех значений экспозиционной дозы должно оставаться неизменным и должно быть проверено для самого низкого уровня дозы. В случае отклонения от этих требований может быть увеличено расстояние между ФОКУСНЫМ ПЯТНОМ и ПОВЕРХНОСТЬЮ ДЕТЕКТОРА.

**4.6.5 ЭКСПОЗИЦИЯ для определения СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА**

Настройки ЦИФРОВОГО ПРИЕМНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ должны быть такими же, как и в случае получения изображения ТЕСТ-ОБЪЕКТА. Условия ЭКСПОЗИЦИИ должны соответствовать геометрии, представленной на рисунке 2, но без ТЕСТ-ОБЪЕКТА. Экспозиционную дозу измеряют в соответствии с 4.6.2.

Для получения СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА (учитываемого впоследствии для вычисления *DQE*) используют квадратную область размерами приблизительно 125 · 25 мм, расположенную за квадратной ДИАФРАГМОЙ *B3* с размером окна 160 · 160 мм в центральной части приемника.

Набор данных должен содержать, по крайней мере, 4 млн независимых элементов изображения (пикселей), полученных из одного или нескольких независимых изображений равномерно экспонированной ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА, причем каждое изображение должно иметь, по крайней мере, 256 пикселей по каждой из пространственных координат. Если необходимо зарегистрировать более одного изображения, то все отдельные изображения должны быть получены при одинаковых КАЧЕСТВЕ ИЗЛУЧЕНИЯ и значении экспозиционной дозы. Стандартное отклонение экспозиционной дозы от среднего значения при получении различных изображений не должно превышать 10 %.

Примечание — Минимально необходимое число независимых пикселей является следствием требуемой точности, которая определяется минимальным числом областей интереса ROI. Для определения двухмерного СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА с погрешностью 5 % требуется не менее 960 перекрывающихся областей с суммарным числом независимых пикселей приблизительно 16 млн (при заданном размере области). Процедуры усреднения и сглаживания данных, которые используют в дальнейшем для получения сечения функции вдоль одной из координат, позволяют снизить требуемое число независимых пикселей до 4 млн (при этом обеспечивается необходимая точность).

Необходимо позаботиться о том, чтобы не было корреляции между отдельными (последовательными) изображениями (ЭФФЕКТ ВЛИЯНИЯ «ОСТАТОЧНЫХ» СИГНАЛОВ, см. 4.6.3). Настройки системы не должны изменяться во время всех ЭКСПОЗИЦИЙ.

Изображения для определения СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА должны быть получены при трех различных уровнях дозы (см. 4.6.1): одном «нормальном» уровне и двух, отличающихся от «нормального» в 3,2 раза (в большую и меньшую стороны).

**4.6.6 ЭКСПОЗИЦИЯ с ТЕСТ-ОБЪЕКТОМ**

Условия ЭКСПОЗИЦИИ должны соответствовать геометрии, представленной на рисунке 2. ТЕСТ-ОБЪЕКТ помещают непосредственно на ПОВЕРХНОСТЬ ДЕТЕКТОРА. ТЕСТ-ОБЪЕКТ располагают наклонно под углом $\alpha$ к оси, параллельной колонкам или рядам матрицы изображения, причем угол $\alpha$ выбирают в диапазоне 1,5°—3°.

Примечание 1 — Метод, использующий регистрацию изображения «наклоненного ТЕСТ-ОБЪЕКТА» (относительно рядов и колонок МАТРИЦЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ), принят и в других стандартах (ISO 15529 и ISO 12233) и представлен в различных публикациях, посвященных определению ФУНКЦИИ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ.

Положение ТЕСТ-ОБЪЕКТА должно быть отрегулировано так, чтобы плоскость ТЕСТ-ОБЪЕКТА была перпендикулярна к ЦЕНТРАЛЬНОЙ ОСИ ПУЧКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, а край ТЕСТ-ОБЪЕКТА был максимально приближен к ЦЕНТРАЛЬНОЙ ОСИ ПУЧКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.

Примечание 2 — Отклонения от идеальной установки приведут к занижению оценки *MTF*.

В процессе испытаний должны быть произведены две ЭКСПОЗИЦИИ с ТЕСТ-ОБЪЕКТОМ, помещенным в ПУЧОК РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ: первая, когда край ТЕСТ-ОБЪЕКТА ориентирован приблизительно вдоль колонок, и вторая — когда край ориентирован вдоль рядов МАТРИЦЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ. Расположение других элементов геометрии (см. рисунок 2) остается неизменным. При новом расположении ТЕСТ-ОБЪЕКТА необходимо снова отрегулировать его положение относительно ЦЕНТРАЛЬНОЙ ОСИ ПУЧКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.

Изображения для определения *MTF* должны быть получены при одном из трех уровней дозы (см. 4.6.1).

## 5 Корректировка НЕОБРАБОТАННЫХ ДАННЫХ

Допускаются следующие виды линейной и независимой от изображения корректировки НЕОБРАБОТАННЫХ ДАННЫХ для получения ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА и ФУНКЦИИ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ:

- корректировка, при которой дефектные пиксели могут быть заменены соответствующими значениями (как при нормальном клиническом использовании);
- корректировка в условиях равномерного облучения ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА (может применяться как при нормальном клиническом использовании), включающая в себя:

коррекцию неоднородности рентгеновского поля,

компенсацию составляющей сигнала в отсутствие рентгеновского излучения («темновых токов»),

выравнивание коэффициентов передачи отдельных каналов;

- компенсация геометрических искажений (такая же, как и при нормальном клиническом использовании).

Примечание — В некоторых детекторах автоматически осуществляется линейная обработка изображений. Подобная обработка допускается, если она является линейной и независимой от вида изображения.

# 6 Определение КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ

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

Частотно-зависимую КВАНТОВУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕГИСТРАЦИИ *DQE*(*u*, *v*) вычисляют по формуле

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

в соответствии с [2] (выражение 2.153).

В соответствии с требованиями настоящего стандарта СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА на выходе $W_{out}(u, v)$ и ФУНКЦИЮ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ *MTF*(*u*, *v*) ЦИФРОВОГО ПРИЕМНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ вычисляют с использованием ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ ДАННЫХ. ЛИНЕАРИЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ получают, применяя ФУНКЦИЮ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ к ИСХОДНЫМ ДАННЫМ (в соответствии с 6.3.1); ЛИНЕАРИЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ имеют размерность — число квантов на единицу площади. Коэффициент усиления приемника *G* на нулевой ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЧАСТОТЕ по формуле (1) является частью функции преобразования и поэтому не определяется отдельно.

Таким образом, рабочая формула для определения частотно-зависимой КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ *DQE* (*u*, *v*) имеет вид

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

где *MTF* (*u*,*v*) — ФУНКЦИЯ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ ЦИФРОВОГО ПРИЕМНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ, определяемая в соответствии с 6.3.3;

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

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

## 6.2 Параметры, используемые для вычислений

Для определения КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ вычисляют входной (на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА) СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА $W_{in}(u, v)$ по формуле

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

где $K_a$ — измеренная КЕРМА В ВОЗДУХЕ (экспозиционная доза в ПЛОСКОСТИ ПРИЕМНИКА ИЗОБРАЖЕНИЯ), размерность — мкГр;

$SNR_{in}^2$ — величина, равная квадрату отношения сигнал — шум, приведенному к дозе в ПЛОСКОСТИ ПРИЕМНИКА ИЗОБРАЖЕНИЯ, размерность — 1/(мм² · мкГр) (см. таблицу 2).

В настоящем стандарте используют значения $SNR_{in}^2$ по таблице 2.

Таблица 2 — Параметры, используемые для вычислений

| КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ | $SNR_{in}^2$, 1/(мм² мкГр) |
|---|---|
| *RQA* 3 | 21759 |
| *RQA* 5 | 30174 |
| *RQA* 7 | 32362 |
| *RQA* 9 | 31077 |

Дополнительная информация по вычислению $SNR_{in}^2$ приведена в приложении С.

## 6.3 Оценка различных параметров с использованием зарегистрированных изображений

### 6.3.1 Линеаризация данных

ЛИНЕАРИЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ вычисляют, применяя обратную ФУНКЦИЮ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ к ИСХОДНЫМ ДАННЫМ для каждого пикселя. Поскольку ФУНКЦИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ представляет собой зависимость уровня яркости (ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ) от числа квантов на единицу площади, ЛИНЕАРИЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ имеют размерность «число квантов на единицу площади».

Примечание — Для линейной ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ это вычисление сводится к умножению ИСХОДНЫХ ДАННЫХ на соответствующий коэффициент преобразования.

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

Выходное значение яркости вычисляют усреднением яркостей в области 100 · 100 пикселей в центре экспонированной области. Значения яркости пикселей являются ИСХОДНЫМИ ДАННЫМИ, полученными из НЕОБРАБОТАННЫХ ДАННЫХ, коррекция которых возможна только в соответствии с требованиями раздела 5. Строят зависимость выходного значения яркости от входного сигнала, который представляет собой число экспонированных квантов на единицу площади $Q$ (вычисляют умножением значения КЕРМЫ В ВОЗДУХЕ (экспозиционной дозы в ПЛОСКОСТИ ПРИЕМНИКА ИЗОБРАЖЕНИЯ) на значение $SNR_{in}^2$ для заданного КАЧЕСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ, приведенное в таблице 2 (см. 6.2).

Экспериментальные данные должны быть сглажены при использовании соответствующей сглаживающей функции. Если предполагают, что ФУНКЦИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ является линейной (выполняют только пять экспозиций в соответствии с 4.6.4), сглаживание должно быть осуществлено при использовании линейной функции. Сглаженные данные должны соответствовать следующим требованиям:

- квадрат коэффициента корреляции $R^2 \geq 0{,}99$;
- относительное отклонение каждой экспериментальной точки от соответствующего значения на сглаженной функции должно быть не более 2 %.

### 6.3.2 СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА (*NPS*)

СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА на выходе ЦИФРОВОГО ПРИЕМНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ $W_{out}(u, v)$ определяют по изображениям, полученным в соответствии с 4.6.5.

Участок изображения однородно-экспонированной ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА, используемый для анализа *NPS*, должен быть разбит на квадратные зоны, называемые областями интереса *ROI*. Размеры каждой области интереса для вычисления частного СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА должны быть 256 · 256 пикселей. Эти области интереса должны перекрываться на 128 пикселей в обоих (горизонтальном и вертикальном) направлениях (см. рисунок 3). Пусть первая область интереса начинается с верхнего левого угла анализируемого участка изображения, после смещения на 128 пикселей в горизонтальном направлении вправо, получают вторую область интереса, которая перекрывается наполовину с первой областью. Следующую область интереса получают, перемещая вторую область на 128 пикселей в горизонтальном направлении вправо. Эту процедуру выполняют до тех пор, пока не закончится первая горизонтальная «полоса». Затем возвращаются к левой стороне и, сместившись на 128 пикселей в соответствующем вертикальном направлении (вниз), получают вторую горизонтальную «полосу». Двигаясь в вертикальном направлении, получают следующие «полосы» до тех пор, пока весь анализируемый участок изображения (размерами приблизительно 125 · 125 мм) не будет покрыт областями интереса.

Устранить тренд (возникающий в процессе эксперимента) можно применением к ЛИНЕАРИЗОВАННЫМ ДАННЫМ для каждой области интереса, используемой для вычисления СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА, сглаживающего двухмерного полинома второго порядка. Значения полинома $S(x_i, y_j)$ вычитают из значений ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ ДАННЫХ (см. формулу (4)). Для каждой области интереса *ROI* вычисляют двухмерное преобразование Фурье без применения какой-либо фильтрации с использованием «плавающих» окон.

Применяемое двухмерное преобразование Фурье описывается формулой (4). В соответствии с [2] (выражение (3.44)) формула для определения СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА, используемая в настоящем стандарте, имеет следующий вид:

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

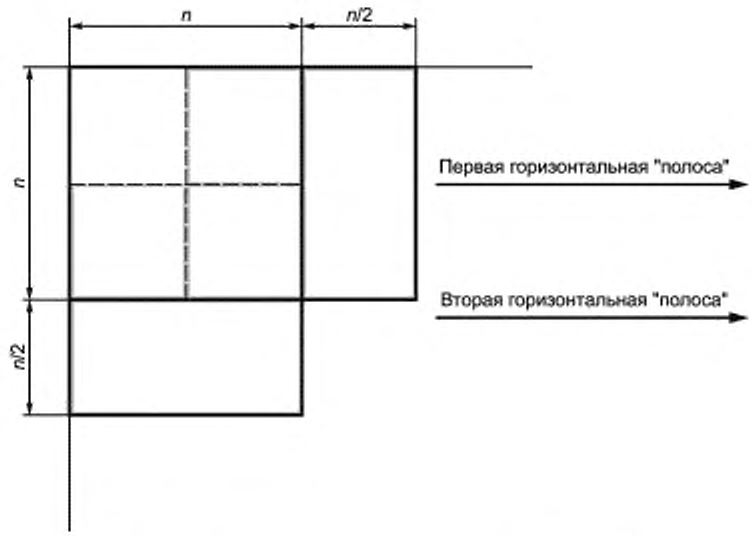
где $\Delta x$, $\Delta y$ — размеры пикселей в горизонтальном и вертикальном направлениях соответственно;

$M$ — число областей интереса *ROI*;

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

$S(x_i, y_j)$ — сглаживающий двухмерный полином.

Усредненный двухмерный СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА получают усреднением всех полученных спектров.




Примечание — размер *ROI* в каждом направлении должен быть $n = 256$.

Рисунок 3 — Расположение областей интереса *ROI*

Для того, чтобы из двухмерного получить одномерный СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА вдоль одной из осей на плоскости ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧАСТОТ, должны быть использованы 15 рядов или колонок двухмерного спектра вокруг каждой оси. Однако усредняют только отсчеты спектральной плотности ШУМА из семи рядов или колонок с обеих сторон соответствующей оси (общее число рядов или колонок — 14), опуская значения на самой оси. В этом случае используют отсчеты спектральной плотности ШУМА из этих рядов или колонок, которые соответствуют значениям ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧАСТОТ, определенных при условии одинакового отклонения по частоте от начала координат. Далее производится сглаживание результатов путем усреднения данных в интервале частот $f_{int}$ ($f - f_{int} \le f \le f + f_{int}$) вокруг задаваемых ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧАСТОТ (см. раздел 7), причем $f_{int}$ определяют по формуле

$$f_{int} = \frac{0,01}{\text{размер пикселя [мм]}}.$$

Примечание — Зависимость интервала частот от размера пикселя обеспечивает одинаковое число отсчетов, участвующих в усреднении (независимо от размера пикселя), что в свою очередь обеспечивает заданную точность вычислений.

Размерность спектральной плотности ШУМА — квадрат размерности ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ ДАННЫХ, отнесенный к двухмерному частотному интервалу (означает размерность, обратную квадрату длины).

Для того, чтобы определить влияние эффектов квантования на оценку СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА, необходимо оценить дисперсию ИСХОДНЫХ ДАННЫХ для одного из изображений, используемых для вычисления СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА. Если значение дисперсии превышает 0,25 (см. ISO 12232 (6.2.5)), то шумами квантования можно пренебречь. Если же значение дисперсии менее 0,25, то ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ считают непригодными для определения СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА.

Примечание — Обычно дисперсия ИСХОДНЫХ ДАННЫХ превышает четверть интервала квантования. Но если число разрядов квантования очень мало, дисперсия может оказаться менее этой величины. Дисперсия шумов квантования, равная 1/12, соответствует аналоговому сигналу (подвергаемому аналого-цифровому преобразованию), равномерно распределенному в интервале квантования [1].

Если СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА определяют вдоль диагонали (угол 45° к горизонтальной или вертикальной оси), то усреднение отдельных отсчетов выполняют так же, как усреднение отсчетов из

рядов или колонок, но при использовании отсчетов, расположенных вдоль диагонали. Для увеличения точности определения *NPS* проводят усреднение данных сечений, расположенных под углом 45°, из различных областей интереса.

**6.3.3 Определение ФУНКЦИИ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ *MTF***

ФУНКЦИЮ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ *MTF* определяют вдоль двух взаимно перпендикулярных осей, каждая из которых параллельна или рядам, или колонкам МАТРИЦЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ.

Для определения *MTF* должна быть использована вся длина функции «профиля» края *ESF*, полученной в пределах области интереса *ROI*, приведенной на рисунке 1.

Определяют целое число рядов или колонок *N*, через которые проходит край ТЕСТ-ОБЪЕКТА до того момента, пока линия края не начнет пересекать пиксели из следующей колонки или ряда соответственно. Для этого могут быть использованы различные методы. Один из них заключается в определении угла $\alpha$ между краем ТЕСТ-ОБЪЕКТА и колонками или рядами МАТРИЦЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ и расчете значения *N* по формуле

$$N = round\left(\frac{1}{tg(\alpha)}\right),$$

где *round (z)* округление*(z)* до ближайшего целого значения.

Примечание — Выбранный диапазон значений угла $\alpha$ приводит к тому, что значения числа *N* находятся в интервале от 20 до 40.

Для получения функции «профиля» края *ESF* используют ЛИНЕАРИЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ, соответствующие значениям яркости пикселей (см. 6.3.1), *N* последовательных рядов или колонок, расположенных поперек линии края. Значение яркости первого пикселя в первом ряду (колонке) дает первый отсчет функции «профиля» края, первое значение яркости пикселя во втором ряду (колонке) — второй отсчет, а первое значение пикселя в *N*-м ряду (колонке) — *N*-й отсчет. Эту процедуру повторяют для других пикселей в *N* последовательных рядах (колонках), например значение второго пикселя в первом ряду (колонке) дает (*N* + 1)-й отсчет, второго пикселя во втором ряду (колонке) — (*N* + 2)-й отсчет и т. д.

Предполагается, что расстояние между отсчетами является постоянным и равно размеру пикселя $\Delta x$, деленному на *N*, то есть получаем $ESF(x_n)$, где $x_n = n\frac{\Delta x}{N}$. Затем дифференцируют функцию «профиля» края с использованием следующего набора коэффициентов: [–1, 0, 1] или [–0,5, 0, 0,5] для получения функции рассеяния линии *LSF*. Влияние спектрального сглаживания за счет дифференцирования конечного числа отсчетов может быть скорректировано с использованием процедуры, представленной в [3]. Затем вычисляют дискретное преобразование Фурье от функции рассеяния линии, модуль которого представляет собой ФУНКЦИЮ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ *MTF*. *MTF* нормируют к значению на нулевой частоте. Поскольку расстояние от отдельных пикселей до края вычисляют вдоль линии, направление которой не перпендикулярно к краю ТЕСТ-ОБЪЕКТА (совпадает с направлением одной из осей), допускается введение масштабирующей поправки вдоль оси частот (коэффициент масштабирования равен 1/cos $\alpha$).

Примечание — Если корректировку с использованием коэффициента масштабирования не проводить, ошибка в определении положения отсчетов на оси ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧАСТОТ не превысит 0,1 %.

Для вычисления усредненной *MTF* описанную выше процедуру повторяют для других групп из *N* последовательных рядов (колонок). В случае, если изображение сильно «зашумлено», производят усреднение всех функций «профиля» края в области интереса и вычисляют *MTF*, используя усредненную функцию «профиля» края.

Для получения значений *MTF* в точках на оси ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧАСТОТ, которые будут представлены в отчете (см. раздел 7), выполняют усреднение функции в интервале частот $f_{int}$ [мм$^{-1}$]/($f - f_{int} \le f \le f + f_{int}$, см. 6.3.2 для $f_{int}$) вокруг этих точек на оси ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧАСТОТ.

## 7 Формат представления результатов

При представлении результатов оценки КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ в отчете фиксируют следующие параметры:

- КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ в соответствии с таблицей 1;
- уровень экспозиционной дозы на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА (КЕРМА В ВОЗДУХЕ);

- расстояние от ФОКУСНОГО ПЯТНА до ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА, если оно менее 1,5 м;
- отклонение от рекомендуемой геометрии (см. 4.5);
- метод, определения *MTF* и его обоснование, если используется метод, отличный от метода «наклонного (острого) края»;
- климатические условия при проведении испытаний.

Результаты оценки *DQE* должны быть представлены в виде таблицы (см. таблицу 3). Значения *DQE* должны быть представлены для значений ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЧАСТОТ: 0,5, 1, 1,5 мм$^{-1}$ и т. д. до максимальной ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ, соответствующей частоте Найквиста. В этой же таблице могут быть представлены другие необходимые параметры. Дополнительно может быть построен график зависимости *DQE* от ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ в линейном масштабе по обеим осям, причем необходимо указать в качестве параметра уровень экспозиционной дозы на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА. Подобная зависимость представлена на рисунке 4.

В общем случае значения *DQE* могут быть приведены для осей *u* и *v*. Если отношение *DQE*(*u*)/*DQE*(*v*) находится в пределах диапазона 0,9—1,1, то значения *DQE* для обеих осей могут быть усреднены, а полученные усредненные значения будут характеризовать зависимость сразу для каждой из осей.

Дополнительно значения *DQE* могут быть получены для диагональных осей. В этом случае в отчете необходимо указать, что результаты приводятся для диагональных осей.

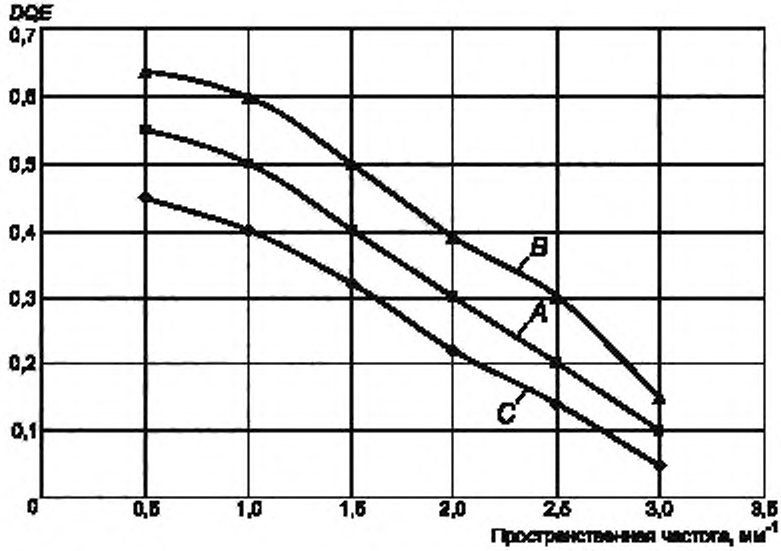



Рисунок 4 — Зависимость *DQE* от ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ при значениях дозы A: 2,5 мкГр; B: 2,5 мкГр · 3,2; C: 2,5 мкГр/3,2

Таблица 3 — Форма представления результатов измерений

| КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ *RQA*/доза [мкГр] | ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЧАСТОТА [мм$^{-1}$] | *DQE* (горизонтальная или вертикальная ось) |
|---|---|---|
| 5/2,5 | 0,5 | 0,65 |
| | 1,0 | 0,6 |
| | 1,5 | 0,5 |
| | 2,0 | 0,4 |
| | 2,5 | 0,3 |
| | 3,0 | 0,15 |

## 8 Точность

Погрешность оценки *DQE* должна быть определена в соответствии с инструкциями *GUM* [1] при использовании формулы (2) в качестве основной.

Погрешность представленных значений *DQE* (коэффициент перекрытия 2 в соответствии с [1]) должна быть менее $\Delta(DQE(u)) = \pm 0{,}06$ или $\Delta(DQE(u)/DQE(v)) = \pm 0{,}10$.

Если любая из погрешностей превосходит заданный уровень, ее значение должно быть представлено в отчете.

**Приложение А**
**(обязательное)**

# Оценка влияния «ОСТАТОЧНЫХ» СИГНАЛОВ

## А.1 Определение величины аддитивной составляющей «ОСТАТОЧНЫХ» СИГНАЛОВ

Для определения величины аддитивной составляющей «ОСТАТОЧНЫХ» СИГНАЛОВ должны быть выполнены следующие процедуры:

1) Методом по 4.6.6 выполняют облучение ТЕСТ-ОБЪЕКТА. Необходимо удостовериться, что положение ТЕСТ-ОБЪЕКТА относительно ПУЧКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ соответствует требованиям 4.6.6. ЭКСПОЗИЦИЯ должна быть выполнена при «нормальном уровне» экспозиционной дозы на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА, как описано в 4.6.1.

2) Получают изображение при условиях ЭКСПОЗИЦИИ по перечислению 1) пункта А.1, следуя рекомендациям предприятия-изготовителя.

3) Последующие шаги обеспечивают оценку характеристик ЦИФРОВОГО ПРИЕМНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ между ЭКСПОЗИЦИЯМИ.

4) Без осуществления дополнительного ОБЛУЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА получают второе изображение, следуя указаниям пункта А.1, перечисление 2.

5) Регистрируют время между первым (при наличии ЭКСПОЗИЦИИ) и вторым (без ЭКСПОЗИЦИИ) считыванием данных с ЦИФРОВОГО ПРИЕМНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ. Затем сравнивают данное значение времени и значение времени, определенное в пункте А.2. Большее из этих значений считают минимально возможным временем между двумя последовательными ЭКСПОЗИЦИЯМИ, которые используют для определения ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА и *MTF*.

6) На изображении, полученном в соответствии с пунктом А.1, перечисление 2), вычисляют среднее значение ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ ДАННЫХ в прямоугольной области, включающей в себя, по крайней мере, 1000 пикселей[1)]. Эта область непосредственно примыкает к высококонтрастной области изображения ТЕСТ-ОБЪЕКТА, полученного в соответствии с перечислением 2) пункта А.1 (но не перекрывается с ней), — область *ROI*2 на рисунке А.1.

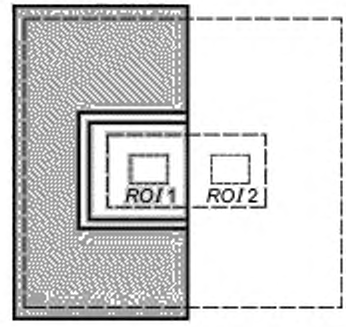



Рисунок А.1 — Определение областей, интереса *ROI*

7) На изображении, полученном при отсутствии ОБЛУЧЕНИЯ (перечисление 4) пункта А.1), вычисляют среднее значение ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ ДАННЫХ в прямоугольной области, включающей в себя, по крайней мере, 1000 пикселей. Эта область непосредственно примыкает к высококонтрастной области изображения ТЕСТ-ОБЪЕКТА (но не перекрывается с ней) — область *ROI*2 на рисунке А.1.

8) На изображении, полученном при отсутствии ОБЛУЧЕНИЯ (перечисление 4) пункта А.1), вычисляют среднее значение ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ ДАННЫХ в прямоугольной области, включающей в себя, по крайней мере, 1000 пикселей внутри части изображения, соответствующей высококонтрастному ТЕСТ-ОБЪЕКТУ (область *ROI*1 на рисунке А.1).

---

[1)] 1000 пикселей — это предельно низкое значение, соответствующее числу отсчетов, при котором относительная разность средних значений, равная 0,005, обнаруживается в 95 % случаев при вероятности обнаружения 80 %. Более предпочтительным является использование 10000 пикселей.

9) Итог испытаний считают удовлетворительным, если разница между результатами вычислений по пункту А.1, перечисления 7) и 8), деленная на результат вычислений по пункту А.1, перечисление 6), будет менее 0,005.

10) Это означает, что вклад в изображение «ОСТАТОЧНЫХ» СИГНАЛОВ составляет менее 0,5 %.

11) При получении неудовлетворительных результатов испытания повторяют, увеличивая время между ЭКСПОЗИЦИЯМИ (считываниями информации с ЦИФРОВОГО ПРИЕМНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ).

### А.2 Определение величины мультипликативной составляющей «ОСТАТОЧНЫХ» СИГНАЛОВ

Для определения величины мультипликативной составляющей «ОСТАТОЧНЫХ» СИГНАЛОВ должны быть выполнены следующие процедуры:

1) Методом по 4.6.1 выполняют ЭКСПОЗИЦИЮ при отсутствии ТЕСТ-ОБЪЕКТА, используя «нормальный уровень» экспозиционной дозы на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА.

2) Следуя рекомендациям предприятия-изготовителя, регистрируют изображение при отсутствии ТЕСТ-ОБЪЕКТА по пункту А.2, перечисление 1) (изображение 1, полученное без ТЕСТ-ОБЪЕКТА).

3) Последующие шаги обеспечивают оценку характеристик ЦИФРОВОГО ПРИЕМНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ между ЭКСПОЗИЦИЯМИ.

4) В соответствии с 4.6.6 выполняют ЭКСПОЗИЦИЮ с ТЕСТ-ОБЪЕКТОМ. Необходимо удостовериться, что положение ТЕСТ-ОБЪЕКТА относительно ПУЧКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ соответствует требованиям 4.6.6. ЭКСПОЗИЦИЯ должна быть выполнена при «нормальном уровне» экспозиционной дозы на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА в соответствии с 4.6.1.

5) Следуя указаниям предприятия-изготовителя, регистрируют изображение по результатам ЭКСПОЗИЦИИ по пункту А.2, перечисление 4) (изображение 2, полученное при наличии ТЕСТ-ОБЪЕКТА).

6) Последующие шаги обеспечивают оценку характеристик ЦИФРОВОГО ПРИЕМНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ между ЭКСПОЗИЦИЯМИ.

7) Методом по 4.6.1 выполняют вторую ЭКСПОЗИЦИЮ при отсутствии ТЕСТ-ОБЪЕКТА, используя «нормальный уровень» экспозиционной дозы на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА.

8) Следуя рекомендациям предприятия-изготовителя, регистрируют изображение при отсутствии ТЕСТ-ОБЪЕКТА в соответствии с пунктом А.2, перечисление 7) (изображение 3, полученное без ТЕСТ-ОБЪЕКТА). Регистрируют время между вторым (при наличии ТЕСТ-ОБЪЕКТА) и третьим (без ТЕСТ-ОБЪЕКТА) считываниями данных с ЦИФРОВОГО ПРИЕМНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ. Сравнивают это значение и значение времени, определенное в пункте А.1. Большее из этих значений считают минимальным временем между двумя последовательными ЭКСПОЗИЦИЯМИ, которые используют для определения ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА и *MTF*.

9) На изображениях 1 и 3 вычисляют среднее значение ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ ДАННЫХ в прямоугольной области, включающей в себя, по крайней мере, 1000 пикселей внутри участка изображения ТЕСТ-ОБЪЕКТА (область *ROI*1 на рисунке А.1).

10) На изображениях 1 и 3 вычисляют среднее значение ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ ДАННЫХ в прямоугольной области, включающей в себя, по крайней мере, 1000 пикселей, примыкающей к высококонтрастной области изображения ТЕСТ-ОБЪЕКТА (но не перекрывающейся с ней) — области *ROI*2 на рисунке А.1.

11) Результат испытаний считают удовлетворительным, если выполняется условие:

$$\frac{(\text{Изображение } 1_{ROI1} - \text{Изображение } 1_{ROI2}) - (\text{Изображение } 3_{ROI1} - \text{Изображение } 3_{ROI2})}{\frac{\text{Изображение } 1_{ROI2} + \text{Изображение } 3_{ROI2})}{2}} \leq 0{,}005.$$

Это означает, что вклад «ОСТАТОЧНЫХ» СИГНАЛОВ в изображение составляет менее 0,5 %.

В случае неудовлетворительных результатов испытания повторяют, увеличивая время между экспозициями.

**Приложение В**
**(обязательное)**

## Указатель терминов

Таблица В.1

| Термин | Подкласс |
|---|---|
| IEC 60788 | rm-..-.. |
| Сокращенные термины | rm-..-..s |
| Термины, определяемые настоящим стандартом | 3.xx |
| АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗОЙ | rm-36-46 |
| АНОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ | rm-36-02 |
| АНОДНЫЙ ТОК | rm-36-07 |
| АПЕРТУРА ДИАФРАГМЫ (РАДИАЦИОННОЕ ОКНО) | rm-37-26 |
| БЛОК ИСТОЧНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ | rm-20-05 |
| ВРЕМЯ ЭКСПОЗИЦИИ (ВРЕМЯ ОБЛУЧЕНИЯ) | rm-36-11 |
| ДЕТЕКТОР ИЗЛУЧЕНИЯ | rm-51-01 |
| ДИАФРАГМА | rm-37-29 |
| ДОЗИМЕТР (ИЗМЕРИТЕЛЬ ИЗЛУЧЕНИЯ) | rm-50-01 |
| ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ФИЛЬТР | rm-35-02 |
| ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ, *DN* | 3.3.112 |
| КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ | rm-13-28 |
| КВАНТОВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕГИСТРАЦИИ, *DQE (u, v)* | 3.3 |
| КЕРМА В ВОЗДУХЕ (ВОЗДУШНАЯ КЕРМА) | rm-13-11 |
| КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ | rm-41-20 |
| ЛИНЕАРИЗОВАННЫЕ ДАННЫЕ | 3.8 |
| МАТРИЦА ИЗОБРАЖЕНИЯ | 3.6 |
| НЕОБРАБОТАННЫЕ ДАННЫЕ | 3.14 |
| НОМИНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФОКУСНОГО ПЯТНА | rm-20-14 |
| ОТСЕИВАЮЩИЙ РАСТР | rm-32-06 |
| ПЛОСКОСТЬ ПРИЕМНИКА ИЗОБРАЖЕНИЯ | rm-37-15 |
| ПОВЕРХНОСТЬ ДЕТЕКТОРА | 3.4 |
| ПОЛУТЕНЬ | rm-37-08 |
| ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЧАСТОТА, *u* или *v* | 3.15 |
| ПУЛЬСАЦИИ АНОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ (ПРОЦЕНТНАЯ ПУЛЬСАЦИЯ) | rm-36-17 |
| ПУЧОК РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ | rm-37-05 |
| РАССЕЯННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ | rm-11-13 |
| РЕНТГЕНОВСКАЯ ТРУБКА | rm-22-03 |
| РЕНТГЕНОВСКИЙ АППАРАТ | rm-20-20 |
| РЕНТГЕНОВСКИЙ ГЕНЕРАТОР | rm-20-17 |
| РЕНТГЕНОВСКОЕ ПИТАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ | rm-21-06 |
| СЛОЙ ПОЛОВИННОГО ОСЛАБЛЕНИЯ | rm-13-42 |
| СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА (*NPS*), *W (u, v)* | 3.11 |

*Окончание таблицы В.1*

| Термин | Подкласс |
|---|---|
| ТЕСТ-ОБЪЕКТ | rm-71-04 |
| УСИЛИТЕЛЬ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ (УРИ) | rm-32-39 |
| ФЛЮЕНС | 3.13 |
| ФОКУСНОЕ ПЯТНО | rm-20-13s |
| ФУНКЦИЯ ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ *MTF* (*u*, *v*) | 3.9 |
| ФУНКЦИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ | 3.2 |
| ЦЕНТРАЛЬНАЯ ОСЬ | 3.1 |
| ЦИФРОВОЙ ПРИЕМНИК РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ | 3.5 |
| ШУМ | 3.10 |
| ЭКСПОЗИЦИЯ (ОБЛУЧЕНИЕ) | rm-12-09 |
| ЭФФЕКТ ВЛИЯНИЯ «ОСТАТОЧНЫХ» СИГНАЛОВ | 3.7 |

**Приложение С**
**(справочное)**

## Оценка входного СПЕКТРА МОЩНОСТИ ШУМА

Входной СПЕКТР МОЩНОСТИ ШУМА равен ФЛЮЕНСУ (плотности потока фотонов на входе ЦИФРОВОГО ПРИЕМНИКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ) (см. [2]):

$$W_{in}(u, v) = Q, \tag{5}$$

где $Q$ — флюенс (число фотонов на единицу площади [1/мм$^2$]); определяется спектром рентгеновского излучения и уровнем экспозиционной дозы на ПОВЕРХНОСТИ ДЕТЕКТОРА (КЕРМЫ В ВОЗДУХЕ):

$$Q = K_a \int \frac{\Phi(E)}{K} dE = K_a SNR^2_{in}, \tag{6}$$

где $K_a$ — КЕРМА В ВОЗДУХЕ, мкГр;

$E$ — энергия рентгеновского излучения, кэВ;

$\Phi(E)/K_a$ — спектральная плотность ФЛЮЕНСА, приведенная к дозе в 1 мкГр, 1/(мм$^2$ · кэВ · мкГр);

$SNR^2_{in}$ — квадрат отношения сигнал-шум, приведенный к дозе, 1/(мм$^2$ · мкГр).

Значения, представленные в таблице 2, вычислены с использованием компьютерной программы SPEVAL. Использование других программ может привести к несколько отличным результатам.

Данные и программа, необходимые для вычисления величины $SNR^2_{in}$, предоставлены доктором Крамером из PTB [4].

Спектр рентгеновского излучения.

Вычисления проводились для вольфрамового анода, угол наклона которого 12°, на расстоянии 1 м, фильтрация 2,5 мм Al, анодное напряжение увеличивали с шагом 1 кВ (в соответствии с [5]). Спектр включает в себя характеристическое излучение.

КЕРМА В ВОЗДУХЕ:

Вычисления проводились с использованием данных [6].

Коэффициенты взаимодействия:

Данные взяты из базы данных XCOM, предоставленной NIST [7].

**Приложение ДА**
**(справочное)**

## Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам

Таблица ДА.1

| Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта | Степень соответствия | Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта |
|---|---|---|
| ISO 12232:1998 Фотография. Электронные фотокамеры. Определение чувствительности по ISO | — | * |
| ISO 12233:2000 Фотография. Электронные фотокамеры. Измерение разрешающей способности | — | * |
| ISO 15529:1999 Оптика и оптические приборы. Оптическая передаточная функция. Принципы измерения функции передачи модуляции систем отобранных изображений | — | * |
| IEC 60336:1993 Рентгенодиагностические трубки для медицинской диагностики. Характеристики фокусного пятна | — | * |
| IEC 60601-2-7:1998 Изделия медицинские электрические. Часть 2-7. Частные требования безопасности к генераторам высокого напряжения диагностических рентгеновских аппаратов | IDT | ГОСТ IEC 60601-2-7—2011 Изделия медицинские электрические. Часть 2-7. Частные требования безопасности к рентгеновским питающим устройствам диагностических рентгеновских генераторов |
| IEC 60788:1984 Медицинская радиология. Терминология | — | * |
| IEC 61267:1994 Оборудование медицинское для рентгенодиагностики. Радиационные условия при определении характеристик | — | * |

* Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать его перевод на русский язык. 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.

## Библиография


[1] ISO Guide to the expression of uncertainty in measurement, 1993

[2] BEUTEL, J, KUNDEL, HL., VAN METTER, RL. Editors: Handbook of medical imaging. Vol. 1: Physics and Psychophysics. SPIE, 2000

[3] CUNNINGHAM, IA. and FENSTER, A. A method for modulation transfer function determination from edge profiles with correction for finite-element differentiation. Med. Phys. 14, 1987, p. 533—537

[4] SPEVAL software package version of Jan. 1995 (H. Karmer of PTB)

[5] ILES, WJ. Computation of bremsstrahlung X-ray spectra over an energy range 15 keV to 300 keV. National Radiological Protection Board Report 204, London, HMSO, 1987

[6] HIGGINS, PD. et al. Mass Energy-Transfer and Mass Energy-Absorption Coefficients, Including In-Flight Positron Annihilation for Photon energies 1 keV to 100 MeV. NISTIR 4812, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg USA (1992)

[7] BERGER, MJ. and Hubbel, JH. XCOM: Photon Cross Sections Database, NIST Standard Reference Database 8, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg USA

УДК 616.71-77-034:621.882.15:006.354 МКС 19.100 Е84

Ключевые слова: цифровой приемник рентгеновского изображения, квантовая эффективность регистрации, функция передачи модуляции, уровень экспозиционной дозы, пространственная частота

Редактор *Н.В. Таланова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *Ю.В. Демениной*

Сдано в набор 18.11.2013. Подписано в печать 22.11.2013. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,51. Тираж 63 экз. Зак. 1380.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.
gost.e-ecolog.ru