

Программное обеспечение для оценки квантовой эффективности регистрации цифровых приемников рентгеновского изображения

Аннотация

В статье представлено программное обеспечение, предназначенное для оценки квантовой эффективности регистрации как функции пространственных частот цифровых приемников рентгеновского изображения, используемых в системах для общей рентгенодиагностики, маммографических аппаратах и ангиографических комплексах.

В январе 2015 года в Российской Федерации вступает в силу последняя (третья) часть стандарта, посвященного оценке обобщенной характеристики качества формирования изображений в цифровых рентгеновских приемниках – квантовой эффективности регистрации (Detective Quantum Efficiency – DQE) как функции пространственных частот и дозы в плоскости детектора. Третья часть стандарта (ГОСТ Р МЭК 62220-1-3-2013) ориентирована на контроль DQE цифровых аппаратов, работающих в динамическом режиме (например рентгеноскопических систем и ангиографов), использующих в основном в качестве приемника рентгеновского изображения плоские панели на основе аморфного кремния либо аморфного селена, хотя возможно применение приемников и других типов [1]. Важно отметить, что вступающий в силу стандарт не рекомендовано применять при испытаниях оборудо-

вания на основе усилителей рентгеновского изображения (УРИ). Также укажем на то, что первая часть стандарта (ГОСТ IEC 62220-1-2011) ориентирована на контроль DQE как функции пространственных частот и дозы в плоскости детектора в цифровых системах для общей рентгенодиагностики, а вторая (ГОСТ Р МЭК 62220-1-2-2010) – в маммографических системах [2], [3]. Все указанные стандарты гармонизированы в Российской Федерации на основе соответствующих стандартов Международной электротехнической комиссии (МЭК): IEC 62220-1, IEC 62220-1-2 и IEC 62220-1-3.

Использование DQE и функции передачи модуляции (Modulation Transfer Function – MTF) как обобщенных характеристик позволяет получать объективные данные о качестве формирования изображений в цифровых рентгенодиагностических системах в процессе приемочных и

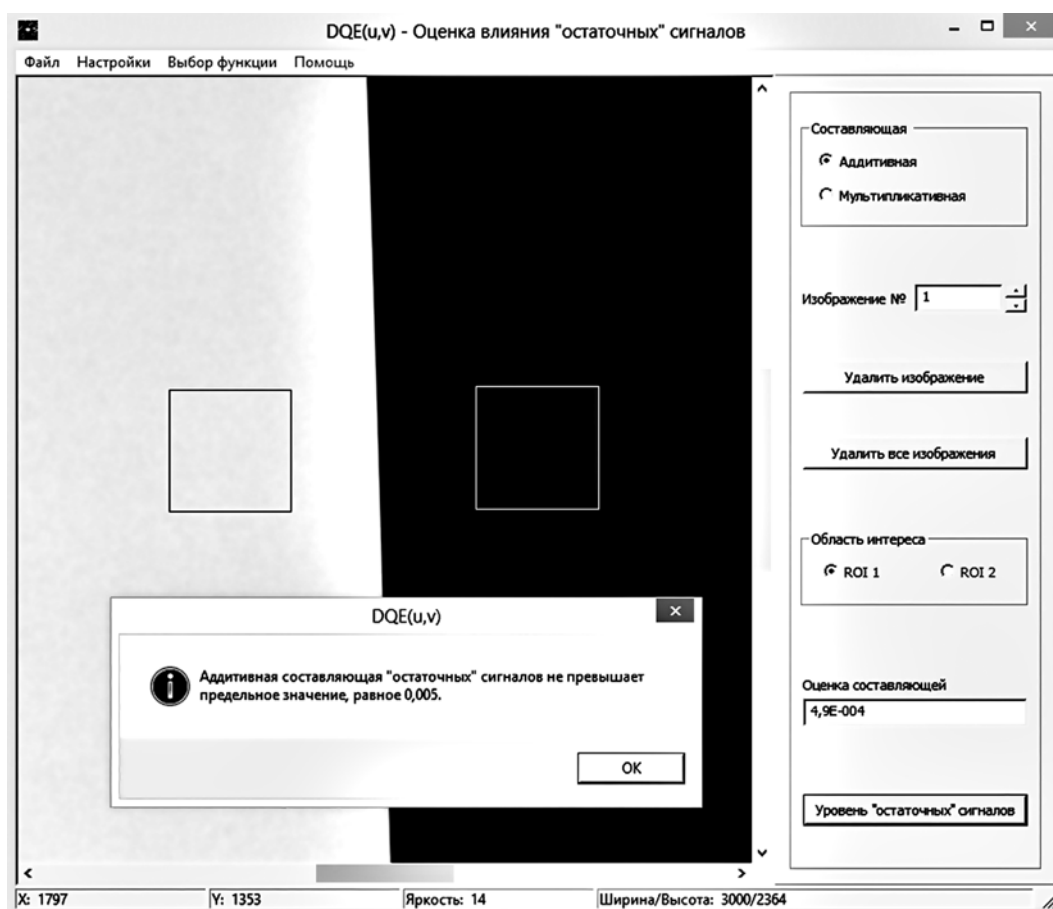


Рис. 1. Экранная форма для оценки уровня «остаточных» сигналов цифровых приемников аппаратов для общей рентгенодиагностики

периодических технических испытаний оборудования и в значительной степени исключить субъективизм, присущий традиционным экспертным оценкам.

Квантовая эффективность регистрации как функция пространственных частот может быть определена с использованием следующего выражения [4]:

$$DQE(u, v) = G^2 \cdot MTF^2(u, v) \cdot \frac{NPS_{in}(u, v)}{NPS_{out}(u, v)},$$

где G – коэффициент усиления (передачи) приемного тракта в области нулевых пространственных частот; $MTF(u, v)$ – функция передачи модуляции; $NPS_{in}(u, v)$ – спектральная плотность квантовых шумов на входе каналов приемника; $NPS_{out}(u, v)$ – спектральная плотность интегральных шумов на выходе каналов приемника.

Таким образом, процесс вычисления DQE может быть сведен к оценке отдельных множителей в представленном выражении.

Коэффициент передачи приемного тракта можно определить по зарегистрированным при разных значениях дозы в плоскости детектора изображениям «чистого поля» (т. е. без какого-либо тест-объекта во входной плоскости приемника). Функция передачи модуляции может быть оценена методом «наклонного края» по зарегистрированному изображению тест-объекта соответствующего типа (материалы, размеры и конструктивные решения для тест-объекта, используемого при испытаниях рентгеновских приемников для аппаратов общего назначения и ангиографов, отличаются от материалов, разме-

ров и конструкции тест-объекта для маммографических систем). Спектральная плотность выходных шумов при заданном уровне дозы в плоскости детектора может быть вычислена по зарегистрированным изображениям чистого поля. Что же касается спектральной плотности квантового шума на входе каналов приемника, то она равномерно распределена на всей плоскости пространственных частот и определяется плотностью потока рентгеновских квантов (флюенсом) и уровнем дозы [4]. Для различных качеств излучения (значений анодного напряжения рентгеновской трубки и толщины дополнительного фильтра из алюминия) существуют оценки плотности потока квантов, приведенной к дозе 1 мкГр. Эти оценки представлены, например, в указанных выше стандартах. Наиболее часто при испытаниях систем для общей рентгенодиагностики и динамических систем используют качество излучения RQA 5 (анодное напряжение рентгеновской трубки 70 кВ, дополнительный фильтр 21 мм алюминия; слой половинного ослабления сформированного таким образом рентгеновского пучка соответствует 7,1 мм алюминия).

Очевидно, что оценку $DQE(u, v)$ по зарегистрированным в процессе испытаний изображениям чистого поля и тест-объектов невозможно произвести без использования специализированного программного обеспечения (ПО), реализующего алгоритмы и процедуры, предусмотренные соответствующими стандартами. Московская компания ООО «Конструкторское бюро РентгенТест» разработала пакет программ, позволяющий оценить

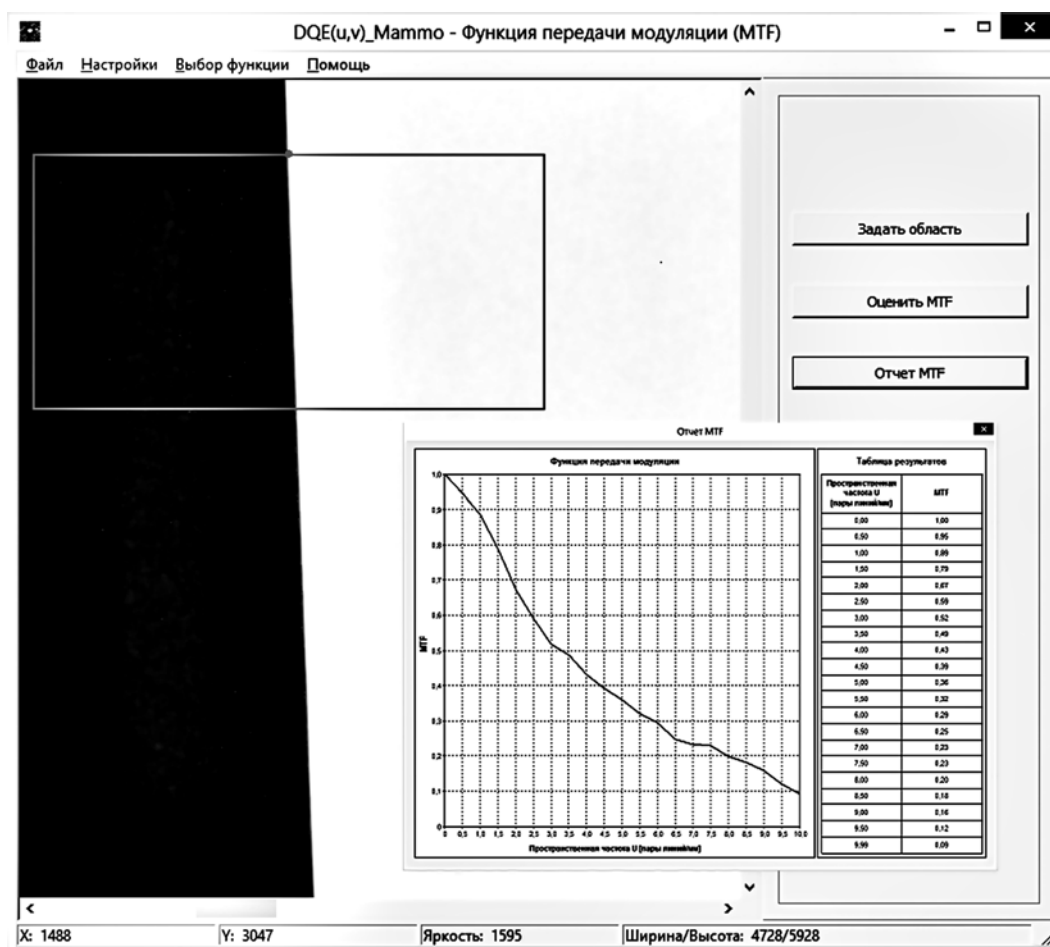


Рис. 2. Экранная форма для оценки функции передачи модуляции цифровых рентгеновских приемников маммографических систем

функцию преобразования, функцию передачи модуляции, уровень остаточных сигналов, степень корреляции отдельных изображений в серии и DQE как функцию пространственных частот и дозы для цифровых приемников рентгеновского изображения, используемых в системах для общей рентгенодиагностики, маммографии и динамических исследований.

Программное обеспечение реализовано на базе языка программирования C++ (использована профессиональная среда разработки ПО – Microsoft Visual Studio 2005). Все программы [DQE(u,v); DQE(u,v)_Mammo и DQE(u,v)_Dynamic] структурированы по модульному принципу, при котором отдельным параметрам (группам параметров) и характеристикам, которые оцениваются по одному или нескольким однотипным изображениям, соответствуют отдельные экранные окна.

Непосредственную работу с программой по оценке характеристик предваряет этап задания параметров во вкладке «Настройки». Эти параметры характеризуют испытываемый приемник рентгеновского изображения: размер приемного канала по каждой из координат (в миллиметрах), число разрядов квантования сигнала яркости на выходе канала, необходимость (или отсутствие необходимости) инвертирования зарегистрированного изображения, необходимость (или отсутствие необходимости) учета уровня темновых токов. Дополнительно задают ось пространственных частот, вдоль которой оцениваются MTF и DQE, и дискрет отсчетов на этой оси, максимальный угол наклона тест-объекта и качество

излучения. Специальная вкладка в «Настройках» посвящена заданию размеров (в миллиметрах) областей для оценок функции преобразования и MTF, а также размеров (в количестве пикселей) областей для определения: уровня остаточных сигналов или коэффициента коррекции, ошибок квантования и спектральной плотности выходных шумов приемника.

Как уже отмечалось, оцениваемые при использовании разработанных программ параметры и характеристики разделены на группы, каждой из которых соответствует отдельное экранное окно. Так, в программах, ориентированных на цифровые приемники для общей рентгенодиагностики и маммографии, таких групп четыре: функция преобразования, оценка влияния остаточных сигналов, функция передачи модуляции, спектр мощности шума и квантовая эффективность регистрации. В программе для оценки DQE приемников, регистрирующих изображения в динамическом режиме, окно для оценки уровня остаточных сигналов отсутствует, однако в этой программе осуществляется коррекция спектра мощности выходных шумов с учетом влияния на оценку остаточных сигналов от предыдущих изображений в серии, как того требует стандарт ГОСТ Р МЭК 62220-1-3-2013. Во всех программах предусмотрена возможность варьировать форму представления выходных данных (характеристик) – это могут быть как таблицы, так и графики.

Для корректной работы любой из программ необходимо обеспечить одно существенное условие: формат зарегистрированных в процессе физического эксперимен-

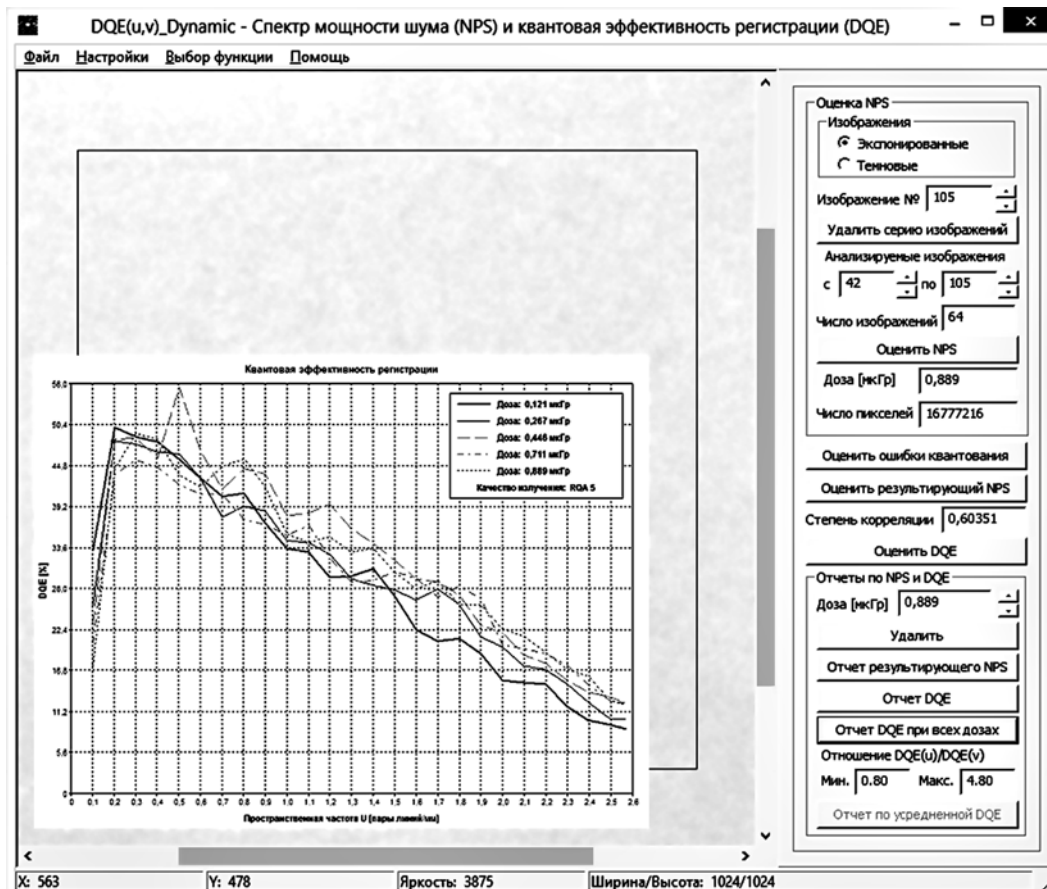


Рис. 3. Экранная форма для оценки квантовой эффективности регистрации цифровых рентгеновских приемников ангиографических комплексов

та изображений должен соответствовать требованиям международного стандарта DICOM 3.0 для модальностей DX, CR, MG или XA.

Отдельные экранные формы с оценками уровня остаточных сигналов в цифровых комплексах для общей рентгенодиагностики, функции передачи модуляции приемников маммографических аппаратов и квантовой эффективности регистрации как функции пространственных частот динамической (ангиографической) системы представлены на *рис. 1-3* соответственно.

В заключение отметим, что в течение ряда последних лет разработанные ООО «Конструкторское Бюро РентгенТест» и представленные в настоящей публикации программы были апробированы в процессе приемочных и периодических технических испытаний большого числа модификаций цифровых рентгенодиагностических систем, установленных в ЛПУ различных регионов Российской Федерации. Всесторонняя апробация программ подтвердила их эффективность и удобство пользовательского интерфейса, в том числе и в сравнении с зарубежными аналогами [5].

Список литературы:

1. ГОСТ Р МЭК 62220-1-3-2013 Изделия медицинские электрические. Характеристики цифровых приемников рентгеновского изображения. Часть 1-3. Определение квантовой эффективности регистрации. Приемники, работающие в динамическом режиме получения изображений.

2. ГОСТ ИЕС 62220-1-2011 Изделия медицинские электрические. Характеристики цифровых приемников рентгеновского изображения. Часть 1. Определение квантовой эффективности регистрации.
3. 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.
4. Зеликман М.И. Цифровые системы в медицинской рентгенодиагностике. – М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2007. 208 с.
5. Зеликман М.И., Кабанов С.П., Кручинин С.А. Сравнительный анализ программного обеспечения для оценки квантовой эффективности регистрации цифровых приемников рентгеновского изображения // Радиология – практика. 2010. № 1. С. 60-66.

*Сергей Александрович Кручинин,
канд. техн. наук, директор,
Михаил Израилевич Зеликман,
д-р техн. наук, профессор,
научный руководитель,
ООО «Конструкторское Бюро РентгенТест»,
г. Москва,
e-mail: skruchinin@rentgentest.ru*

**Международное научно-техническое общество приборостроителей и метрологов (МНТО ПМ) –
издатель журнала «ПРИБОРЫ»**

Международное научно-техническое общество приборостроителей и метрологов издает отраслевой научно-технический и производственный журнал «ПРИБОРЫ», отражающий состояние сегодняшнего российского рынка приборостроительной продукции, интересы предприятий и потребителей, результаты деятельности разработчиков новых изделий и систем автоматизации, аналитические обзоры состояния этой сферы науки, техники и производства. Журнал ориентирован на широкий круг специалистов промышленности, предпринимателей, работников фирм и вузов, заинтересованных в систематическом получении актуальной и достоверной информации о выпускаемых в России и странах СНГ приборах и средствах автоматизации, о новых изделиях, предлагаемых потребителям, а также о действующих нормативных документах и рекомендациях. Журнал публикует материалы о новых методах измерений, сбора и представления измерительной и контрольной информации, новых конструкторских и технологических решениях, новых технологиях и материалах, составляющих основу создания новой конкурентоспособной продукции, осуществляет систематические публикации материалов по созданию и эксплуатации систем автоматизации различного назначения для отраслей промышленности, науки, по информационным технологиям, программно-техническим комплексам. Публикуется информация о профиле и продукции отдельных приборостроительных предприятий, их новых разработках, производственных и технологических возможностях и интересах. Тесные связи нашего Общества и редакции с Международной конфедерацией по измерениям (ИМЕКО) позволяют постоянно знакомить наших читателей с материалами этой весьма авторитетной международной профессиональной организации.

Журнал зарегистрирован в ВАК РФ как научное издание.

Журнал выходит 12 раз в год и распространяется по подписке.
Индекс журнала в каталоге Агентства «Роспечать» – 79727.

В редакции можно оформить льготную подписку на 2014 год.
Стоимость годовой подписки (12 экз.) – 11400 руб.

Заявки принимаются по тел./факсу: (495) 695-10-71
или по e-mail: kavalero@mail.ru.

Более подробная информация о журнале «Приборы» – на сайте: www.pribory-smi.ru.