

# АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ СКАНИРУЮЩИХ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И АППАРАТОВ С КАМЕРАМИ НА ОСНОВЕ ПЗС-МАТРИЦ

А.Н. Гуржиев, ЗАО «Рентгенпром»

*Если человек делится яблоками, значит у него есть яблоки.*

*Если человек делится идеями, значит у него нет яблок.*

Нам регулярно приходится отвечать на простой вопрос наших клиентов: «Почему сканирующие аппараты хуже матричных?». На такой же простой встречный вопрос «А почему Вы решили, что они хуже?» следует обескураживающий ответ: «Так утверждают Ваши конкуренты», которые щедро делятся с ними этой незамысловатой идеей за отсутствием яблок, в смысле, сканирующих аппаратов.

Наша организация производит цифровое рентгеновское оборудование [1], как сканирующего типа, так и с камерами на основе ПЗС-матриц,

причем поставляет его ежегодно в большом количестве и делает все возможное, чтобы оно было лучшим. У нас нет нужды хвалить одно и ругать другое только для того, чтобы продать то единственное, что у нас есть. Очевидно, что у каждого типа оборудования есть свои достоинства и свои недостатки, область применения, где оно будет более уместно и область, где оно будет менее полезно. Мы расскажем о своем понимании этого вопроса и, чтобы не попасть в положение раздающих идеи вместо яблок, будем опираться на конкретные характеристики аппаратов, производимых нами, добавив при этом без ложной скромности, что они — одни из лучших в своих категориях [2].

В сканирующих аппаратах [3] линейный детектор размером около 50 см состоит из нескольких тысяч активных элементов, каждый из которых имеет размер около  $0,2 \times 0,2$  мм<sup>2</sup>. (Рис. 1а) Детектор жестко связан с щелевой диафрагмой штангой, которая делает во время снимка вращательное движение вокруг фокусного пятна рентгеновской трубки. (Рис. 1б) За 5 секунд сканирования с детектора многократно считывается информация. В нашем случае количество считанных столбцов равно количеству элементов в линейке. Скорость накопления и получения информации

с одной строки составляет около 0,002 секунды. Накопленный массив данных отображается на экране монитора в виде изображения [4].

В аппаратах с цифровыми камерами ПЗС имеет около  $2000 \times 2000$  активных элементов, каждый размером, примерно,  $0,015 \times 0,015$  мм<sup>2</sup>. Общий размер ПЗС ( $30 \times 30$  мм<sup>2</sup>) существенно меньше размера исследуемой области ( $400 \times 400$  мм<sup>2</sup>), поэтому необходимо уменьшить изображение исследуемой области до размеров ПЗС. Для этого рентгеновские лучи, прошедшие через пациента, переизлучают на люминисцентном экране в видимую область и далее с помощью объектива уменьшают до нужных размеров, проецируя полученное на экране изображение на ПЗС. (Рис. 2а) Снимок длится около 0,05 секунды, как и в привычном пленочном аппарате и, по окончании, информация считывается с ПЗС и отображается на экране монитора [5].

## Достоинства и недостатки.

Будем сравнивать наши флюорографы: сканирующего типа ПроСкан-2000® и ПроМатрикс-4000 с камерой на основе ПЗС-матрицы, поскольку они имеют, примерно, одинаковое пространственное разрешение.

Огромным достоинством сканирующего метода является отсутствие рассеянного в теле пациента излучения, поскольку оно не попадает на детектор и не ухудшает сигнал (рис. 1б). Благодаря этому удастся получить высокую контрастную чувствительность при низких дозах. Так, в ПроСкан-2000® контрастная чувствительность 1% достигается при 100 мкР, а 0,5% при 250 мкР. Для камеры

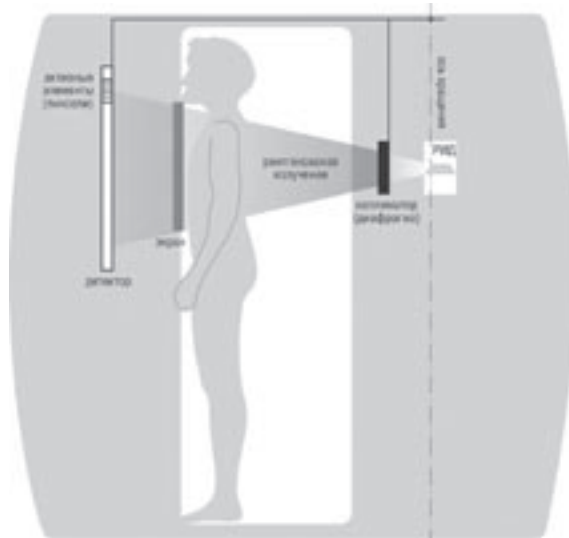


Рис. 1 а

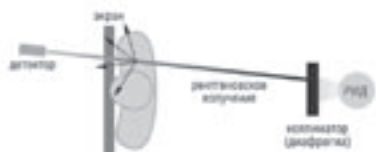


Рис. 1 б

с ПЗС контрастная чувствительность 1% видна только при 1000 мкР. Это связано в том числе и с рассеянным излучением в пациенте (Рис. 2б), которое детектор не может отделить от реального и которое существенно ухудшает изображение, несмотря на наличие отсеивающего раstra. Получить 0,5% контрастной чувствительности при разумных в медицине дозах нам не удалось. Разница в дозе в 10 раз между этими двумя методами более чем существенна, особенно принимая во внимание тот факт, что нормальной практикой в ЛПУ является работа при еще больших дозах на аппаратах с ПЗС — до 2000 мкР, в то время, как на ПроСкан-2000® настройки остаются теми же, что и при испытаниях.

Очевидно, что контрастная чувствительность является важнейшей характеристикой рентгенограммы и, учитывая разницу в дозе в 20 раз при реальной работе, сканирующие системы здесь имеют большое преимущество.

Основным минусом сканирующего метода, о котором упоминают все оппоненты, является большое время выполнения снимка по сравнению с аппаратом на ПЗС — 5 секунд. Но на что оно влияет? Может быть на пропускную способность кабинета? Нет, пациент готовится к снимку минуты и это время является основным. Может быть есть пациенты, которые не могут задержать дыхание на 5 секунд? Оказалось, что на сканирующем аппарате вообще не нужно его задерживать, в отличие от аппарата с камерой. Поскольку снимок одного столбца выполняется в сканирующем аппарате в несколько десятков раз быстрее, чем на аппарате с камерой, снимок всегда остается резким. Именно, поэтому ни один из нескольких сотен опрошенных нами рентгенологов, не отметил большое время выполнения снимка по сравнению с пленочными или цифровыми камерными аппаратами, как минус данного типа аппарата. И именно поэтому качество снимка на сканирующем аппарате всегда остается максимально высоким, вне зависимости от того, задерживает ли пациент дыхание или дышит, в отличие от аппарата с ПЗС, для которого

это также критично, как и для пленочного.

Был вопрос также связанный с 5 секундами сканирования: изображение в нем «сшивается» из большого количества последовательно набранных изображений за 5 секунд сканирования. Это абсолютно верно. Мы исходим здесь из предположения, что за 5 секунд обследования легкие не успевают претерпеть существенные изменения и полученная информация остается актуальной к окончанию съемки. При этом, кстати, нужно понимать, что хотя информация в камерах с ПЗС накапливается быстрее, потом там происходит похожий процесс построчного считывания, который занимает те же 5 секунд. А если говорить о «сшивке», то уместно вспомнить, что рентгеновские изображения в аппаратах с ПЗС претерпевают существенную математическую обработку, в результате которой на них появляются новые виртуальные точки, с присвоением им вычисленных значений сигналов. Это — вынужденная и необходимая процедура, поскольку необработанное изображение имеет серьезные пространственные искажения вдали от оси объектива и нуждается в коррекции. Только в отличие от камер с ПЗС, как раз относительно длительное время выполнения снимка в сканирующих аппаратах позволяет наблюдать кимографический эффект изображения сердца и крупных сосудов, что, очевидно, повышает их диагностическую ценность [6].

Иногда спрашивают о надежности сканирующей механики. Сейчас есть хорошая статистика: у нас работают свыше 250 сканирующих флюорографов, причем первый начал работать около 5 лет назад, и на сегодняшний день не было ни одного случая поломки сканирующего механизма [7].

Часто просят сравнить эти два метода по пространственному разрешению. Чтобы оценить возмож-

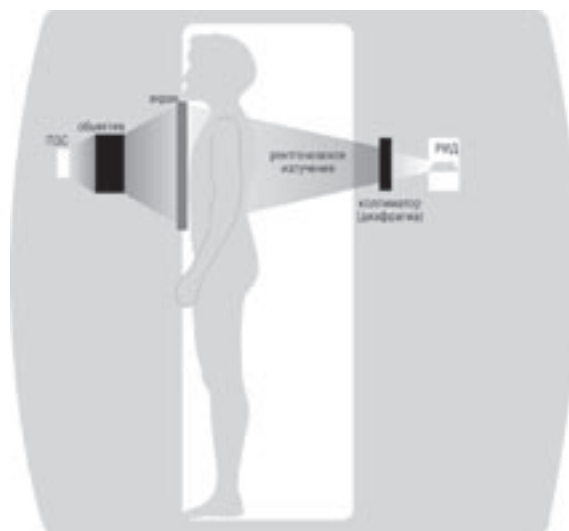


Рис. 2 а

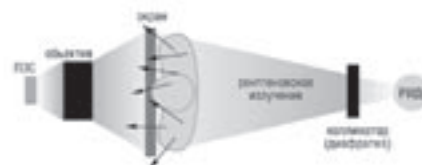


Рис. 2 б

ности детектора достаточно поделить количество активных пикселей на размер зоны просмотра, например, в ПроСкан-2000® детектор, имеющий 1800 активных элементов, просматривает изображение размером 390 мм. Это значит, что на 1 мм изображения приходится  $1800/390=4,6$  пикселя, поделив которые на 2, мы получим пространственное разрешение 2,3 пар линий на мм. Реальное разрешение аппарата 2,2 пар линий на мм. Аналогично можно оценить и камеру с ПЗС. 2048 элементов на 390 мм дадут нам  $2048/390=5,2$  пикселей на мм или 2,6 пар линий на мм. Для увеличения пространственного разрешения сканирующих систем нужно либо уменьшать размер пикселя и увеличивать их количество при том же размере детектора, либо увеличивать количество пикселей в детекторе, с увеличением его размера и относить его на большее расстояние от плоскости просмотра. Как в первом, так и во втором случае есть перспективы, и появление приборов с более высоким пространственным разрешением очевидно.

В случае камер с ПЗС-матрицами, характеристики объектива и переизлучающего экрана будут сдерживающими факторами в улучшении характеристик всего прибора, поскольку достижение пространственного раз-

**Таблица 1. Рекомендуемые области применения рассмотренных типов цифровых рентгеновских аппаратов.**

Вид исследований	Тип аппарата		
	Сканирующий	С ПЗС матрицей	
1	Флюорография	+	-
2	Рентгенография	+	-
3	Рентгеноскопия	-	+
4	Модернизация пленочных РДА	-	+
5	Ангиография	-	+
6	Подвижные рентгеновские кабинеты	+	+
7	Подвижные флюорографические кабинеты	+	-
8	Линейная томография	-	+
9	Рентгеноостеометрия	+	-
10	Маммография	+	-

решения в 5 пар линий на мм является очень серьезной задачей, не говоря о более высоких цифрах. При этом, очевидно, останется проблема высокой дозовой нагрузки, которую можно пытаться решить за счет деления области экрана на части и просмотра каждой из них своим объективом с ПЗС-матрицей, что потребует «сшив-

ки» кадров. В принципе, таких полей может быть больше 4, хотя существует мнение, что корректно «сшить» такое изображение невозможно. Кроме того, очевидно, что у такого устройства могут быть проблемы со стабильностью характеристик во времени.

Именно поэтому в цифровых маммографах, где требуется разрешение не

менее 10 пар линий на мм, используются сканирующие детекторы, а не системы, использующие объектив-экран.

Исходя из вышесказанного, мы считаем, что сканирующие системы являются лучшим выбором для любых рентгенографических исследований. Плюсом здесь будут отличные контрастные характеристики снимка при сверхнизких дозах и высокое пространственное разрешение.

Удачной областью применения камер с ПЗС, мы полагаем, будет модернизация пленочных аппаратов до цифровых, линейная томография и рентгеноскопические исследования.

Эти принципы являются основополагающими при выборе детекторов для нашего оборудования. Так, сканирующие флюорографы ПроСкан-2000® и ПроСкан-7000® (Рис. 3) имеют как стационарное исполнение, так и для установки их в подвижные

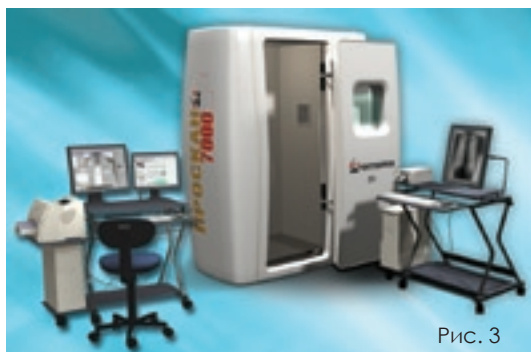


Рис. 3



Рис. 6



Рис. 4



Рис. 5



Рис. 7



Рис. 8

цифровой рентгенографической камерой [8], чтобы при необходимости иметь возможность выполнять и рентгеноскопические исследования (Рис. 7, 8).

В случае чисто рентгенографического аппарата с высоким пространственным и контрастным разрешением при низких дозах облучения пациента планируется комплектовать его сканирующим приспособлением.

#### Литература.

Гуржиев А.Н. ЗАО «Рентгенпром» — современное флюорографическое оборудование // *Медицинский бизнес*, № 9-10, 2003, стр. 50-53.

Блинов Н.Н. (мл), Гуржиев А.Н., Гуржиев С.Н., Кострицкий А.В. Новый сканирующий цифровой малодозовый флюорограф ПроСкан-7000 — // *Медицинская техника*, № 5, 2004, стр. 47-56.

Блинов Н.Н. (мл), Гуржиев А.Н., Гуржиев С.Н., Кириченко М.Г., Кострицкий А.В. Исследование параметров сканирующих рентгенографических систем // *Медицинская техника*, № 5, 2004, стр. 8-10.

Гуржиев А.Н., Гуржиев С.Н., Кострицкий А.В. Отображение цифрового рентгенологического снимка на экране компьютера: проблемы и пути их решения. // *Радиология и практика*, № 3, 2003, стр. 24-28.

Блинов Н.Н., Гуржиев А.Н., Зеликман М.И., Кокуев А.Н., Кострицкий А.В. Результаты апробации методов контроля характеристик цифровых приемников рентгеновского изображения по стандарту предприятия ВНИИИМТ // *Медицинская техника*, № 6, 2004, стр. 13-16.

Белова И.Б., Китаев В.М. Малодозовая цифровая рентгенография // г. Орел, 2001, стр. 53-54.

Гуржиев А.Н., Гуржиев С.Н., Кострицкий А.В. Практические аспекты эксплуатации малодозового цифрового флюорографа ПроСкан-2000 — // *Медицинский бизнес*, № 9-10, 2002, стр. 34-36.

Гуржиев А.Н. ЗАО «Рентгенпром» — современное рентгеновское оборудование // *Здравоохранение. Журнал для руководителей и главного бухгалтера*, № 12, 2004, стр. 186-191.

кабинеты (Рис. 4). Камеры с ПЗС матрицами Феникс-4000® используются для модернизации пленочных флюорографов (Рис. 5), а также для комплектации флюорографа ПроМатрикс-4000® (Рис. 6), причем, похоже только для того, чтобы не выглядеть людьми без яблок, поскольку еще ни один наш клиент не приобрел такой аппарат, после сравнения его с ПроСкан-2000®, не говоря уже о ПроСкан-7000®.

Наш новый рентгенографический аппарат ПроГраф-4000® в стационарном и подвижном варианте оснащен

