

## Оборудование для цифровой флюорографии: состояние и перспективы развития



*Г.И. Бердяков, М.И. Зеликман, Г.М. Ртищева*

Значительный рост заболеваемости туберкулезом, отмечаемый в последние годы как у нас в стране, так и во всем мире, ставит перед здравоохранением ряд задач по повышению эффективности профилактических обследований населения. Традиционно в бывшем СССР, а впоследствии и в России в качестве основного средства скрининга во фтизиатрии использовались флюорографические обследования с применением пленочных аппаратов. Однако при достаточно высоких показателях выявляемости патологических изменений в грудной полости пленочная флюорография имеет очень существенный недостаток – высокую дозовую нагрузку на исследуемого. По этой причине в развитых странах уже давно отказались от пленочной флюорографии как профилактического метода.

Начиная с середины 1990-х годов на мировом рынке медицинской техники рядом ведущих фирм были представлены цифровые рентгеновские системы для исследования легких, отличающиеся друг от друга физическими принципами преобразования изображения и инженерными решениями. Однако цена их оказалась слишком высока для отечественного здравоохранения [2].

В последние годы в России возникли реальные предпосылки для решения проблемы оснащения здравоохранения современной малодозовой рентгеновской аппаратурой [1, 3].

Замена традиционной пленочной флюорографии на цифровую значительно повышает качество рентгенодиагностики, в том числе:

- повышает пропускную способность флюорографического кабинета;
- практически полностью устраняет брак, обусловленный неверно выбранными параметрами съемки;
- снижает лучевую нагрузку на обследуемых в 10 раз и более;
- повышает уровень диагностики за счет цифровых методов регистрации и обработки медицинских изображений и т.д.

Появляется возможность оперативной выдачи твердой копии изображения (например, бумажной копии) и организации электронного архива (например, на магнитных,

оптических или магнитооптических дисках). Кроме того, подобная замена приводит к резкому снижению затрат на расходные материалы, требует меньших эксплуатационных расходов [4].

Из различных видов используемых в настоящее время цифровых приемников рентгеновского излучения рассмотрим два, на наш взгляд, наиболее перспективных:

- плоские цифровые панели (solid state silicon panels), имеющие высокую квантовую эффективность и динамический диапазон при сравнимой с пленкой разрешающей способности;
- УРИ с большими рабочими полями и телевизионными системами высокого разрешения на ПЗС-матрицах (часто используется аббревиатура ЭОЦР – электронно-оптическая цифровая рентгенография).

Плоские панели имеют ряд преимуществ перед УРИ на рентгеновских электронно-оптических преобразователях (РЭОП). На них совершенно не воздействуют магнитные поля, создающие в РЭОП геометрические искажения. Очень большой динамический диапазон плоских панелей означает, что в полученном изображении практически исключается недоэкспонирование или переэкспонирование, т.е. изображение будет содержать информацию как в “черной”, так и в “белой” частях спектра. Отпадает необходимость в дорогостоящей оптике и высоковольтном блоке питания, за счет чего уменьшаются габариты и масса аппарата, существенно повышается его срок службы. К тому же, толстое переднее стекло РЭОП уменьшает квантовую эффективность и снижает контрастные характеристики изображения [6].

В качестве наиболее близкого аналога (с точки зрения физических принципов преобразования сигналов в плоских панелях) этого класса аппаратуры можно рассматривать ряд созданных в России сканирующих цифровых комплексов, использующих приемники рентгеновского излучения на основе линеек твердотельных или газовых (например, ксеноновых) детекторов.

К сканирующим малодозовым цифровым аппаратам с газовыми системами относится флюорограф ФМЦ-Хе-125 с многопроволочной пропорциональной камерой, заполненной ксеноном (совместная разработка НПЦ медицинской радиологии г. Москвы и Института ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН) (рис. 1). Многопроволочная пропорциональная камера служит для регистрации и преобразования рентгеновского излучения в электрический сигнал. Она измеряет распределение излучения в горизонтальном направлении, а измерение в вертикальном направлении обеспечивается механическим сканированием. Для этой цели рентгеновская трубка, шелевой коллиматор и детектор рентгеновского излучения во время съемки одновременно и равномерно перемещаются в вертикальном направлении. Коллиматор со щелью 0,5–1 мм формирует тонкий веерообразный пучок рентгеновского излучения. После прохождения через тело пациента этот пучок попадает во входное окно детектора, которое отсекает часть рассеянного излучения. По окончании съемки кадра в памяти компьютера накапливается цифровое изображение – матрица, содержащая 640 × 640 элементов. Размер элемента изображения в плоскости тела пациента составляет 0,6 × 0,6 мм. При скорости сканирования 40 мм/с время получения кадра с размером по вертикали 380 мм составляет примерно 9–10 с. Через 8–10 с после окончания сканирования изображение отображается на экране монитора. Разрешающая способность флюорографа ФМЦ-Хе-125 составляет 0,7–1,0 пар линий/мм, контрастная чувствительность – не хуже 1%, динамический диапазон – 120–150, геометрические искажения – не более 3%. Поверхностная доза облучения пациента при получении снимка грудной клетки не превышает 2–7 мР, что соответствует эффективной дозе порядка 1,5–5 мкЗв [1].

К сканирующим малодозовым цифровым флюорографам с твердотельными линейками детекторов, в которых сканирование осуществляется аналогично описанному выше, относится и флюорограф ФМПЦ-Si-125 (разработан НПЦ медицинской радиологии г. Москвы совместно с Институтом медицинской и биологической кибернетики г. Новосибирска). Чувствительным элементом в данном случае является линейка фотодиодов, которые регистрируют свет от находящегося в непосредственной близости от них слоя люминофора. Информация, накопленная в датчиках

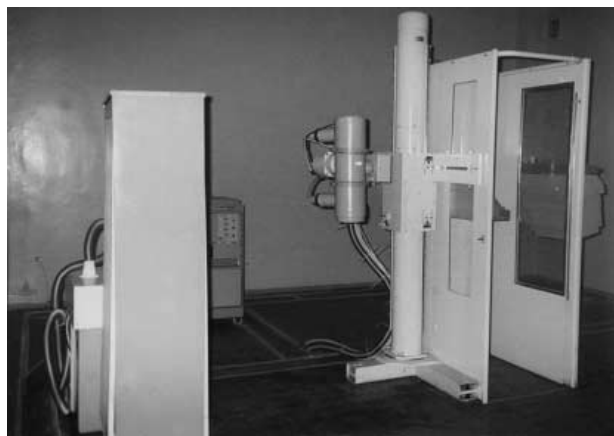


Рис. 1. Сканирующий малодозовый цифровой флюорограф ФМЦ-Хе-125.

за время экспозиции строки (10 мс), после аналого-цифрового преобразования переписывается в память детектора; далее начинается регистрация следующей по вертикали строки, а предыдущая корректируется и передается в компьютер. По окончании съемки кадра в памяти компьютера накапливается цифровое изображение размером 1024 × 1024 элементов. Первое нормированное изображение на дисплее отображается через 8–10 с после окончания сканирования. Размер снимка в плоскости детектора равен 400 × 400 мм, а размер элемента изображения в плоскости тела пациента – 0,4 × 0,4 мм. Разрешающая способность составляет 1,0–1,4 пар линий/мм, контрастная чувствительность – не хуже 0,5–1,0%, динамический диапазон – 80–100, геометрические искажения – не более 3%. Поверхностная доза облучения пациента при получении снимка грудной клетки составляет 3–10 мР.

Несмотря на большое время сканирования (около 8–10 с), снижения резкости изображения из-за небольших перемещений пациента или движений легких и сердца не происходит, так как время экспозиции каждой строки в рассмотренных выше случаях не превышает 10–12 мс. Метод сканирования к тому же практически полностью исключает влияние рассеянного излучения в теле пациента на качество изображения. Доза в плоскости детектора, необходимая для получения качественного рентгеновского изображения в рассматриваемых цифровых сканирующих флюорографах, составляет 50–600 мкР, и дозовая нагрузка на пациента при исследовании легких на таких флюорографах оказывается в 10–20 раз меньше, чем при использовании пленочных аппаратов.



*Рис. 2. Приставка для цифровой флюорографии АПЦФ-01.*

ЗАО «АМИКО» разработана приставка АПЦФ-01 для цифровой рентгенографии, которая монтируется на стандартных кабинках флюорографов вместо пленочной камеры (рис. 2). В этом случае при модернизации флюорографа не требуется переоборудования рентгеновского кабинета. Приставка рекомендуется для клиник с низким уровнем финансирования. В АПЦФ-01 используется линейка полупроводниковых детекторов, работающая в режиме вертикального сканирования. Снимок получается сразу в виде цифрового файла, что позволяет использовать все преимущества компьютерной обработки данных. Применение приставки экономически окупает себя за первый год работы, поскольку позволяет полностью отказаться от пленки, химикатов и проявочного оборудования. Возможно получение твердой копии изображения на бумаге, но, как правило, она требуется не более чем в 2% случаев.

В АПЦФ-01 используется программное обеспечение, разработанное в НПЦ медицинской радиологии. Данное программное обеспечение является универсальным и применяется также в других цифровых флюорографах

(ФМЦ-Хе-125, ФМПЦ-Si-125). Оно позволяет осуществлять следующие операции:

- управлять работой флюорографа и контролировать его работоспособность;
- проводить съемку и просматривать полученные изображения на экране монитора;
- записывать зарегистрированные изображения в специализированную под задачи флюорографии базу данных;
- вызывать нужные снимки из базы данных и отображать их на экране монитора;
- получать при необходимости жесткие копии на бумажном носителе с помощью лазерного принтера, входящего в комплект поставки;
- передавать хранимую в базе данных информацию для консультаций по компьютерным сетям при наличии соответствующих линий связи и оконечного оборудования.

Кроме того, в режиме диалога «оператор—компьютер» на автоматизированном рабочем месте врача возможны следующие виды математической обработки полученного изображения для преобразования его к виду, наиболее удобному для визуального анализа:

- выделение области интереса;
- изменение яркости и контрастности всего изображения либо выбранной области;
- изменение масштаба изображения;
- инвертирование (получение негативного изображения) всего снимка либо выделенной области;
- измерение линейных размеров и площади интересующей врача области на снимке;
- вывод на экран монитора одновременно до четырех различных снимков с целью сравнительного анализа и т.д.

Программное обеспечение флюорографа также включает в себя модуль для создания формализованного протокола, позволяющий в автоматизированном режиме осуществлять описание изображений и статистическую обработку полученных данных.

Из других разработанных в последнее время сканирующих малодозовых флюорографов можно назвать «Компьютерный рентгенографический аппарат ПУЛЬМОСКАН-760», разработанный в Республике Беларусь. В отличие от рассмотренных выше аппаратов в нем линейка твердотельных детекторов расположена вертикально, а не горизонтально, и сканирование осуществляется при ее горизонтальном перемещении в течение 5 с.

В последние полтора—два года также были разработаны и в настоящее время представле-

ны на рынке малодозовые флюорографы, в которых сканирование осуществляется плоским веерообразным пучком за счет поворота излучателя с диафрагмой на определенный угол и синхронного перемещения детектора. К ним относятся: “Беспленочный сканирующий малодозовый флюорограф РЕНЕКС-СКАН” с полупроводниковым преобразователем, разработанный фирмами “Медрентех” и “Гелпик”, с размером изображения в плоскости детектора  $400 \times 400$  мм, “Флюорограф малодозовый цифровой полупроводниковый КАРС-СКАН” (рис. 3), разработанный фирмой “Медрентех”, с размером изображения в плоскости детектора  $380 \times 380$  мм. Время сканирования в этих аппаратах составляет 4–6 с. Из-за конструктивных особенностей данных аппаратов получаемое в них изображение несколько уступает по качеству изображениям, получаемым с помощью газовых сканирующих систем. Есть еще одна модификация подобного рода флюорографов: СИРИУС-СКАН (разработка СКБ “Медрентех”), практически не отличающаяся по своим характеристикам от рассмотренных выше.

К малодозовым флюорографам, основанным на принципах электронно-оптической цифровой рентгенографии (ЭОЦР), можно отнести “Флюорограф с УРИ малодозовый с синтезом цифрового изображения ФСЦ-У-01”, разработанный предприятием “СпектрАП” совместно с ТОО “ТАНА”. Этот беспленочный флюорограф использует рентгеновизионный тракт с электронно-оптическим усилителем “нормального” размера, компьютерные регистрацию, представление, обработку и архивирование изображений. В нем применяется электромеханическое устройство, перемещающее приемник изображения (УРИ) относительно тела пациента во время цикла обследования. При этом результирующее изображение, соответствующее полноформатному снимку, “сшивается” из четырех кадровых фрагментов с помощью программного обеспечения.

Для этого аппарата размер изображения в плоскости детектора составляет  $385 \times 385$  мм; число элементов цифрового изображения —  $1024 \times 1024$ ; контрастная чувствительность — 0,5%; время формирования полноформатного изображения не более 5 с, разрешающая способность — 1,3 пар линий/мм; длительность экспозиции рентгеновского излучения — 160 мс; анодное напряжение на рентгеновской трубке — 40–110 кВ; анодный ток трубки — 1–10 мА.

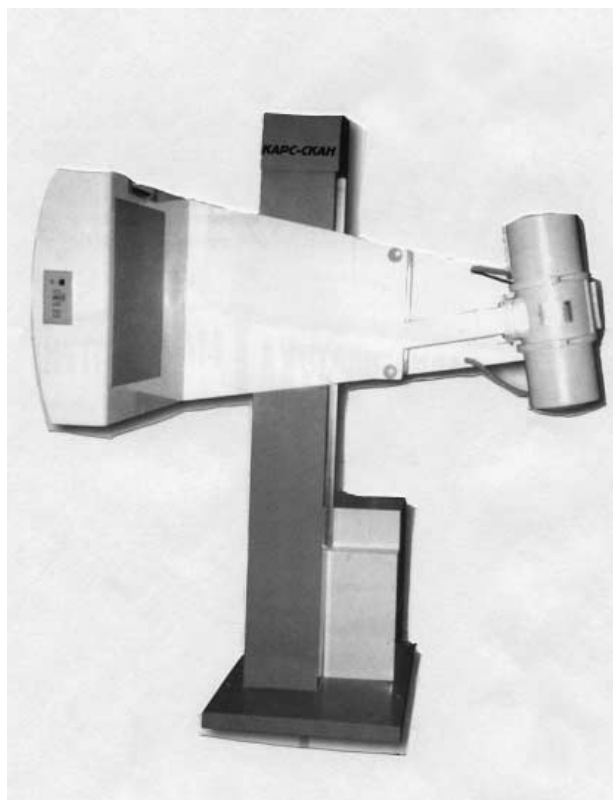


Рис. 3. Малодозовый цифровой полупроводниковый флюорограф КАРС-СКАН.

Данный беспленочный флюорограф позволяет значительно снизить дозовые нагрузки на пациентов при исследовании. Однако по некоторым параметрам получаемое изображение несколько уступает по качеству рассмотренным выше сканирующим флюорографам: так, например, его динамический диапазон более узкий (не превышает 35) [8]. К достоинствам, по сравнению со сканирующими аппаратами, следует отнести быстрое считывание широкоформатных изображений. Следует также отметить, что мощность применяемого питающего устройства не превышает 0,5 кВА. При этом нагрузка, приходящаяся на рентгеновскую трубку в течение цикла флюорографического исследования, не ограничивает производительность флюорографических обследований, которая определяется только временем подготовки пациента к обследованию.

Кроме того, в России создана установка для цифровой флюорографии “Беспленочный малодозовый флюорограф РЕНЕКС-ФЛЮОРО” (СП “Гелпик”), построенная по схеме: рентгеновский экран—светосильная оптика переноса—чувствительная охлаждаемая ПЗС-матрица—цифровая система регистрации и архивирования изображений. Доза в плоскости при-



емника для подобных систем составляет порядка 1–1,5 мР при контрастной чувствительности не хуже 2% и пространственном разрешении 1,2 пар линий/мм, динамический диапазон не менее 100. РЕНЕКС-ФЛЮОРО обеспечивает получение рентгеновских изображений на АРМ врача-рентгенолога или рентгенолаборанта по окончании экспонирования снимка за время менее 10 с. Размер рабочего поля – 335 × 420 мм [5].

Аналогичные флюорографические комплексы в настоящее время готовят к производству ООО СКБ “Медрентех” и ЗАО “АМИКО”.

Рассмотренные и обсуждаемые в данной публикации медико-технические параметры, безусловно, не исчерпывают всей совокупности характеристик, которые нужно учитывать при выборе оборудования для проведения профилактических обследований легких у населения. На качество изображения, помимо типа используемых детекторов, влияют и характеристики применяемого питающего устройства, и величина фокуса рентгеновской трубки, и размер щели коллиматора, и целый ряд других факторов. Кроме того, чтобы не снизить эффективность комплекса в целом, необходимо обращать самое серьезное внимание и на выбор электронного оборудования для АРМ врача и рентгенолаборанта, а также оборудования для архивирования полученной в результате исследований информации [7].

Каждая из представленных флюорографических установок, безусловно, превосходит по своим параметрам и потребительским качествам выпускаемые отечественной промышленностью пленочные флюорографы и позволяет значительно снизить дозовые нагрузки на население, что в итоге и определяет перспективность данного класса рентгеновского оборудо-

вания для профилактических обследований легких у населения. Что же касается сравнения эксплуатационных характеристик различных модификаций цифровых рентгеновских флюорографов, то о них можно будет судить по результатам 2–3-летней эксплуатации установок в различных регионах России. Здесь лишь обратим внимание на то, что выбор типа флюорографа в каждом конкретном случае должен зависеть от особенностей его использования и от возможностей лечебного заведения.

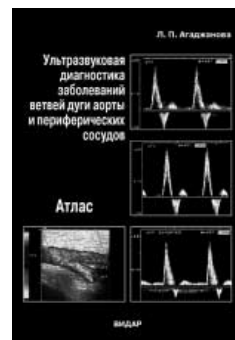
### Список литературы

1. Бердяков Г.И., Ртишева Г.М., Кокуев А.Н. Особенности построения и применения цифровых рентгенодиагностических аппаратов для исследования легких // Медицинская техника. 1998. № 5. С. 35–40.
2. Блинов Н.Н., Варшавский Ю.В., Зеликман М.И. Цифровые преобразователи изображения для медицинской радиологии // Компьютерные технологии в медицине. 1997. № 3. С. 19–23.
3. Блинов Н.Н., Варшавский Ю.В., Зеликман М.И. Преобразователи рентгеновских изображений: разработки и перспективы // Компьютерные технологии в медицине. 1997. № 3. С. 23–24.
4. Блинов Н.Н. (мл.), Губенко М.Б., Уткин П.М. Экономическая целесообразность цифровой флюорографии // Медицинская техника. 1999. № 5. С. 41–44.
5. Блинов Н.Н., Козловский Э.Б., Лузин С.И. и др. Особенности цифровых электронно-оптических систем для рентгенодиагностики // Медицинская техника. 1999. № 5. С. 24–26.
6. Блинов Н.Н., Мазуров А.И. Медицинская рентгено-техника на пороге XXI века // Медицинская техника. 1999. № 5. С. 3–6.
7. Блинов Н.Н., Зеликман М.И., Кокуев А.Н., Соловьев А.А. О выборе электронного оборудования для рентгенодиагностических цифровых сканирующих систем // Медицинская техника. 1998. № 1. С. 3–6.
8. Кантер Б.М. Методы и средства малодозовой цифровой флюорографии // Медицинская техника. 1999. № 5. С. 10–13.

### Книги Издательского дома Видар-М

**“Ультразвуковая диагностика заболеваний ветвей дуги аорты и периферических сосудов: Атлас”, автор Л.П. Агаджанова.**

В атласе представлены разделы, посвященные ультразвуковой диагностике заболеваний сонных артерий, позвоночных артерий, плече-головного ствола, подключичных артерий, артерий верхних конечностей, аорто-подвздошного сегмента, бедренных и подколенных артерий, артерий голени, вен нижних конечностей, а также оценке эффективности хирургической реконструкции сосудов нижних конечностей и ультразвуковой диагностике сочетанных аномалий развития ветвей дуги аорты при коарктации аорты. В указанных разделах представлен огромный клинический материал, методически организованный на основе многолетнего опыта работы в головном научном центре по сосудистой хирургии. 176 с., 850 ил.



**Контакты:**

тел.: (095) 915-06-20  
тел./факс: (095) 915-34-13

e-mail: sergey@vidar.ru  
<http://www.vidar.ru> – цены и заказы