

Что интересует рентгенолога в цифровой флюорографии?

А.Н. Гуржиев
ЗАО «Рентгенпром»

Наша фирма производит и поставляет широкий спектр флюорографического оборудования во всевозможных модификациях. Мы надеемся, что ответы на часто задаваемые вопросы, приведенные ниже, помогут желающим разобраться в современных цифровых флюорографических системах

Вопрос: Какая основная цель перехода от флюорографических аппаратов, использующих пленку к флюорографам, работающим с цифровым рентгеновским изображением?

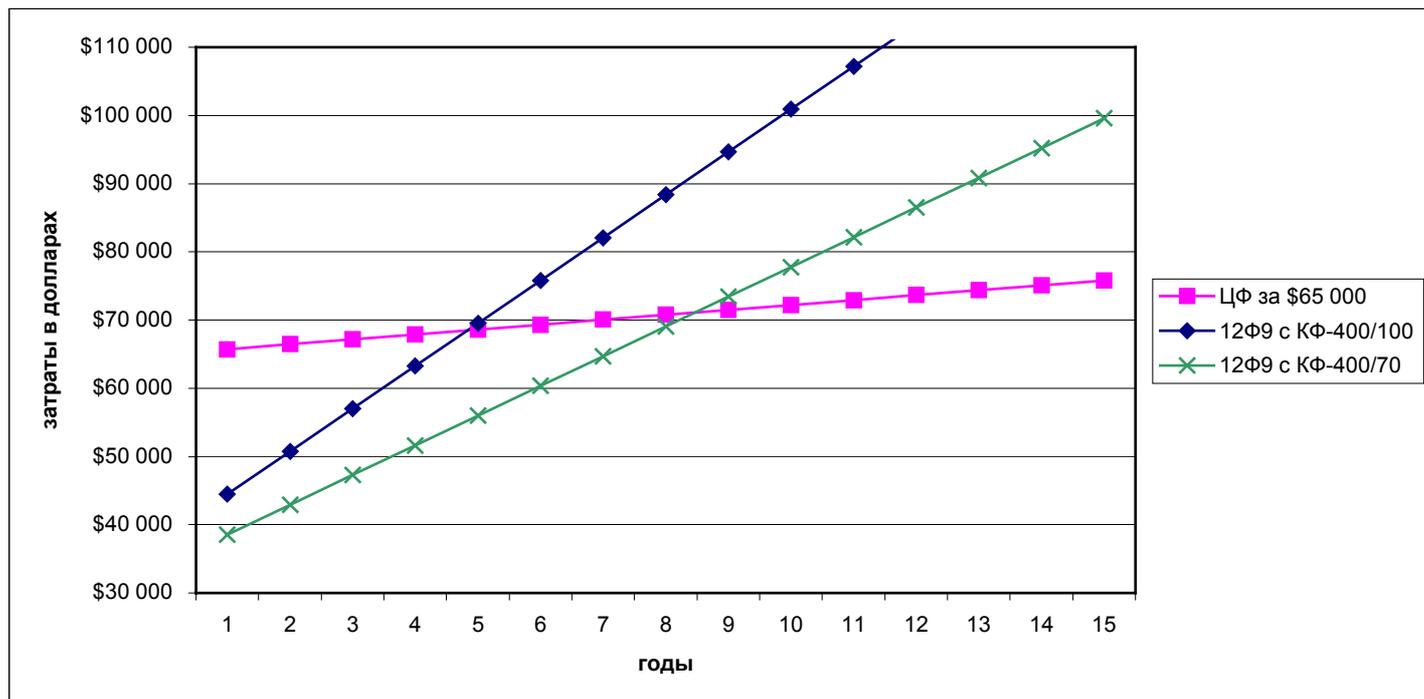
Ответ: Во, первых, современные методы регистрации рентгеновского излучения позволяют проводить обследования при существенно меньшей лучевой нагрузке на пациента (в десять раз меньше, чем при обследовании на пленочном флюорографе 12Ф9 с КФ-400), чего невозможно достигнуть на пленочных флюорографах. Во-вторых, статистика говорит, что до 15% снимков, сделанных на пленочных аппаратах бракуются. И об этом становится известно не сразу, а после проявления пленки. Флюорограмма на цифровом аппарате появляется сразу после выполнения снимка. Это позволяет свести к нулю появление неинформативных снимков. В-третьих, флюорограмма на компьютере может быть подвергнута обработке специальными фильтрами, что обеспечивает более высокое качество диагностики. В-четвертых, современные системы ввода, обработки и хранения полученной информации позволяют существенно повысить эффективность работы флюорографического кабинета.

Вопрос: Чем принципиально различаются цифровые флюорографические системы?

Ответ: Основное отличие заключено в детекторах рентгеновского излучения, применяемых в аппаратах. Если размер детектора соизмерим с площадью легких пациента, то такие флюорографы, вне зависимости от типа детекторов, обычно, имеют хорошие характеристики, но обладают одним существенным недостатком – крайне высокой ценой (несколько сотен тысяч долларов). Минимизировать затраты на детектор возможно резко уменьшив его размер.

Например, взять детектор размером 20 на 20 мм и с помощью системы линз (объектива) уменьшить реальное изображение легких, полученное на переизлучающем экране (400 на 400 мм), до этого размера. К достоинствам таких систем можно отнести малое время экспозиции (сотые доли секунды). К недостаткам: в связи с потерями на переизлучающем экране и системе линз, не удастся существенно снизить дозу облучения пациента (в лучшем случае, в несколько раз, а для детектора с количеством элементов около 2000x2000 может и превышать дозу по сравнению с пленочным аппаратом). Поэтому термин «малодозовые» не вполне подходит для таких систем. Кроме того, пространственное разрешение зависит от качества оптики и переизлучающего экрана. То же относится и к контрастной чувствительности, которая ухудшается из-за рассеянного в пациенте излучения. Для того, чтобы улучшить эту характеристику можно использовать растр, но это приводит к дополнительному увеличению дозы.

Можно уменьшить детектор только в одном измерении. Получится линейный детектор размером около 400 мм, перемещая который вдоль пациента одновременно с веерообразным рентгеновским излучением можно просмотреть площадь 400 на 400 мм. Такие системы называют сканирующими. Детектором могут быть газовая линейка, кремниевая линейка и так далее. Основной недостаток - существенно большее время снимка, чем в предыдущих системах (несколько секунд). Но остальные характеристики обычно лучше. Благодаря отсутствию оптической системы и растра появляется возможность существенно снизить дозу (до десяти раз). Из-за отсутствия рассеянного излучения появляется возможность достигнуть лучшей контрастной чувствительности, что является определяющим фактором при обследовании легких. Учитывая большие размеры линейки, проще получить более высокое пространственное разрешение. Сравнивая газовую и твердотельную линейку можно отметить, что к недостаткам газовой линейки можно отнести необходимость периодической калибровки и высокое давление газа в линейке (до 13 атм).



Вопрос: Действительно ли покупка цифрового флюорографа быстро окупается из-за отсутствия расходных материалов?

Ответ: Это зависит от стоимости цифрового флюорографа и количества обследований на флюорографе за год. Допустим, что в поликлинике ежегодно проводится 30 000 флюорографических обследований и рентгенолог выбирает из четырех вариантов:

1. Пленочный флюорограф 12Ф9 с КФ-400 (70 мм) (\$33 000) и ручной проявочный комплекс (\$1 000).
2. Пленочный флюорограф 12Ф9 с КФ-400 (100 мм) (\$37 000) и ручной проявочный комплекс (\$1 000).
3. Цифровой флюорограф за \$65 000.

Вид оборудования	Стоимость оборудования, \$	Расходные материалы на год (30000 снимков)	Стоимость расходных материалов на год, \$
12Ф9 с КФ-400/70 с проявочным комплексом	33 000 + 1 000	Пленка 75 шт (30,5 м) Проявитель 7 упаковок Фиксаж 8 упаковок Восстановитель 7 упаковок Затраты на фотолабораторию, включая зарплату лаборанта	2145 20 30 8 2500
12Ф9 с КФ-400/100 с проявочным комплексом	37 000 + 1 000	Пленка 75 шт (45 м) Проявитель 14 упаковок Фиксаж 17 упаковок Восстановитель 14 упаковок Затраты на фотолабораторию, включая зарплату лаборанта	4290 45 60 15 2500
Цифровой флюорограф	65 000	Бумага для отчетов Картридж Диски 60 Термобумага	10 10 600 200

Будем считать, что поликлиника покупает пленку «Примакс» или «Ретина» и использует химикаты российского производства.

Нужно заметить, что у цифровых флюорографов тоже есть расходные материалы. Это диски для хранения архива снимков, термобумага, бумага для принтера и картриджи. Учтем это в сравнении.

Из рисунка видно, что затраты на пленочный флюорограф 12Ф9 с пленкой 100 мм через 5 лет работы превысят затраты на цифровой аппарат (по цене 65 000 долларов) и эксплуатация цифрового станет дешевле, чем данного пленочного. Через 8 лет эксплуатации затраты на пленочный флюорограф с 70-ти миллиметровой пленкой также сравняются с общими затратами на цифровой флюорограф.

Таким образом, покупка цифрового флюорографа стоимостью \$ 65 000 экономически выгодней, чем покупка любого пленочного аппарата. За 10 лет работы на этом цифровом аппарате Вы потратите на \$ 5 500 меньше, чем на пленочном с 70-ти мм пленкой и на \$ 28 000 меньше, чем на пленочном со 100 мм пленкой.

Вопрос: Не ухудшается ли качество снимка в сканирующем флюорографе из-за достаточно большого времени сканирования?

Ответ: В сканирующих аппаратах за несколько секунд (до 5) происходит формирование изображения, состоящего из более, чем 1000 строк. Таким образом, получение информации с одной строки происходит максимум за 0,005 секунды, что даже меньше времени формирования изображения в цифровых флюорографах с ПЗС.

Вопрос: Каковы различия между сканирующими флюорографами и флюорографами с ПЗС?

Ответ: Чтобы ответить на этот вопрос давайте рассмотрим поэтапно процесс выполнения снимка на флюорографе с цифровой камерой на матрице ПЗС и сравним его со сканирующим аппаратом с линейным кремниевым детектором.

Часть рентгеновского излучения, проходящего через пациента, рассеивается с изменением первоначального направления и формирует на переизлучающем экране ложное изображение. Чтобы избавиться от него в цифровых камерах (так же, как и в пленочных) устанавливают растр, который не устраняет полностью это явление, а лишь ослабляет. В результате ухудшается контрастность снимка - наиболее важная характеристика флюорографического изображения.

В сканирующем аппарате рассеянное излучение не может ухудшить изображение принципиально, поскольку проходит мимо линейки детекторов и не регистрируется.

Экран преобразовывает рентгеновское излучение в световое в самом лучшем случае с эффективностью 40%. Свет собирается объективом, примерно, из 10 линз, на которых также теряется свет и добавляются геометрические искажения. Только после этого оставшийся свет попадает на ПЗС матрицу и формирует изображение.

В сканирующем аппарате линейка кремниевых детекторов является первым и последним элементом всей цепочки, описанной выше, поэтому доза рентгеновского излучения, необходимого для формирования изображения на сканирующих аппаратах примерно в 5-10 раз ниже. Для сравнения на наших аппаратах ПроСкан-2000 с линейкой кремниевых детекторов и АПЦФ-01 с цифровой камерой на матрице ПЗС дозы в плоскости приемника могут составлять 150 мкР и 700 мкР соответственно.

Таким образом, пациент при выполнении снимка на сканирующих системах получает существенно меньшую дозу рентгеновского излучения, чем на аппарате с ПЗС, и флюорограмма обладает лучшими характеристиками.

Вопрос: Рекомендовано разрешение для флюорографов 1,4-1,6 пар линий на мм. Каковы преимущества и недостатки у флюорографов с более высоким разрешением?

Ответ: Качество изображения определяется многими параметрами. В число наиболее важных характеристик входит пространственное разрешение. Чем выше разрешение системы, тем выше ее диагностические возможности. Для флюорографии рекомендуется пространственное разрешение 1,4-1,6 пар линий на мм. Что является сдерживающим фактором в стремлении к увеличению пространственного разрешения? Детектор, линейный или с ПЗС, состоит из большого числа регистрирующих элементов. За время снимка каждый элемент формирует сигнал. Для уменьшения радиационной нагрузки на пациента выбирают такие режимы облучения, при которых пациент получает минимально возможную дозу и при этом сигнал в ячейках достаточен для того,

чтобы считать его истинным. Если мы хотим улучшить разрешение и увеличиваем количество элементов детектора с 1000x1000 до 2000x2000, то мы увеличиваем количество элементов в 4 раза. При этом мы обязаны в каждом элементе получить этот истинный сигнал и при этом суммарная доза увеличивается в 4 раза.

Таким образом, за желание получить более высокое пространственное разрешение мы «платим» прежде всего существенно большей дозой, получаемой пациентом за снимок. В приведенном для примера случае – в 4 раза. Это цена здоровья пациента.

Увеличение элементов с 1000x1000 до 2000x2000 увеличивает стоимость камеры, примерно, в 3 раза. Это лишние деньги, которые кто-то переплатит за аппарат.

Кроме того, в 4 раза увеличивается и объем файла с изображением. Это означает, что для хранения того же количества снимков потребуется в 4 раза больше места на дисках и, соответственно, расходы на них будут больше в 4 раза. Посчитаем: 30 000 снимков в год/500 снимков (на одном диске) = 60 дисков - стоят 600 долларов (магнитооптические). За повышенное разрешение придется заплатить 2400 долларов в год. Эти деньги будет ежегодно переплачивать лечебное учреждение.

Если, как показывает многолетний опыт эксплуатации цифровых флюорографических систем, диагностическая ценность флюорограммы достаточна, чтобы на аппарате с разрешением 1,4-1,6 пар линий на мм видеть все возможные патологии, то представляется странным приобретение за существенно большую цену многочисленных недостатков ради одного достоинства?

Не нужно забывать, что флюорограф – это аппарат для массового профилактического обследования здоровых людей, а не для диагностических исследований больных и задача производителя сделать его максимально дешевым, надежным, обеспечить высокую достоверность предварительного диагноза и минимизировать дозу на одно исследование.

Вопрос: Какие требования предъявляются к компьютерам для цифровых флюорографов?

Ответ: Никаких особых требований нет. Нужно только помнить, что практически непрерывно улучшаются их технические возможности и также быстро морально устаревают предыдущие поколения.

Поэтому нужно, чтобы аппараты комплектовались компьютерами последнего поколения и имели наилучшие параметры на этот момент времени: максимально возможные частоту процессора, оперативную память, объем жестких дисков и так далее.

Вопрос: Есть ли разница между мониторами, поставляемыми с цифровыми флюорографами?

Ответ: Для рентгенолога монитор – это самый важный прибор, потому что именно глядя на его экран он ставит диагноз. Флюорограмма, выводимая на экран монитора, имеет 256 оттенков серого цвета. Реально такую серую гамму цветов имеют только профессиональные графические мониторы. Обычные мониторы имеют примесь других цветов в сером, что Вы можете заметить сами, если присмотритесь. Это ухудшает контраст изображения, то есть качество флюорограммы. Монитор является конечным звеном всей цепочки устройств формирующих изображение и чем лучше характеристики всех устройств, тем большие требования должны предъявляться к монитору.

Автоматические рабочие места рентгенолога и лаборанта должны быть укомплектованы профессиональными графическими мониторами.

Вопрос: Какими принтерами нужно укомплектовывать флюорографы?

Ответ: Как мы обсудили выше, в основном, рентгенолог ставит диагноз, глядя на экран монитора, но в некоторых случаях возникает необходимость иметь копию изображения на бумаге или пленке.

Приемлемую по качеству картинку (сопоставимую с изображением на экране профессионального графического монитора) дают термопринтеры. На сегодняшний день широко применяются термопринтеры с шириной печати 110 мм, в связи с их разумной для флюорографа ценой. Возможна комплектация термопринтером с шириной печати 210 мм, но его высокая стоимость и стоимость термобумаги ставит под сомнение целесообразность использования его в профилактическом оборудовании. Кроме того, необходимо комплектовать аппарат лазерным принтером для печати периодических отчетов. Хороший офисный лазерный принтер стоит раза в два дороже, чем струйный, но для врачей он более выгоден, поскольку в процессе эксплуатации они будут

существенно экономить на расходных материалах: картриджи (порошок для печати) для лазерных принтеров значительно дешевле и реже требуется их замена.

Таким образом, для эффективной работы флюорограф целесообразно укомплектовать термопринтером и лазерным принтером.

Вопрос: Что такое «формат изображения»?

Ответ: Существует огромное количество форматов графических изображений. Кроме графического изображения со снимком сохраняется много дополнительной информации: параметры аппарата во время снимка, информация о пациенте, заключения врачей и многое другое. Для того, чтобы можно было сохраненный в одном месте снимок посмотреть в другом месте и на другой программе используют определенные стандарты записи информации. Один из наиболее известных и интенсивно развивающихся стандартов записи такой информации является DICOM Digital Imaging and Communications in Medicine (читается ДАЙКОМ, в переводе аббревиатура означает Цифровые Изображения и КОммуникация в Медицине).

«Формат изображения», то есть форма записи информации должна соответствовать общепринятому стандарту – DICOM. Использование такого единого стандарта позволяет проводить исследования на оборудовании разных производителей с возможностью обмена информацией.

Вопрос: Где хранятся снимки?

Ответ: Размер одной флюорограммы составляет, примерно, 1 Мб. Самые большие диски имеют сейчас объем 80 Гб, то есть мы сможем хранить на диске только 80 000 снимков. Для некоторых ЛПУ это около пару лет работы и диск будет полностью заполнен. В случае поломки такого диска будет потеряна вся информация за период работы. Поэтому разумно сохранять снимки небольшими порциями на дисках емкостью около 0,5 Гб (около 500 снимков). Можно хранить снимки на компакт-дисках или на магнитооптических дисках (МОД).

Хранить базу снимков лучше на магнитооптических дисках по нескольким причинам: 1) Выход из строя одного диска приведет к потере 500 снимков, а не всей базы данных; 2) Вероятность потери информации на МОД минимальная по сравнению с жестким диском и компакт-диском (результаты тестов); 3) Запись информации на МОД существенно проще, чем на компакт-диск.

Автор благодарит проф. Н.Н. Блинова за ценные замечания, сделанные по статье.

Рекомендованная литература

1. Основы рентгенодиагностической техники// Под редакцией Н.Н. Блинова, Москва, 2002, «Медицина».
2. И.Б. Белова, В.М. Китаев. Малодозовая цифровая рентгенография в профилактических обследованиях населения// Радиология-практика, 2001, №2, с. 22-26.
3. Рентгеновские диагностические аппараты// Под редакцией Н.Н. Блинова, Б.И. Леонова, Москва, ВНИИИМТ, 2001, т.2.