

Неравномерность измельчения абразивных зерен, как показали экспериментальные исследования, уменьшается при подаче суспензии через центр детали. Кроме того, влияние данного фактора в определенной степени компенсируется выходом краевой зоны детали за край инструмента.

Выявлено также, что интенсивность съема стекла при автоматической подаче обрабатываемой суспензии примерно в 1,5 раза больше, чем при ручной, однако неравномерность срабатывания поверхностей при автоматической подаче суспензии больше, чем при ручной, что проявляется в образовании местных ошибок на стадии полирования.

## ВЫВОДЫ

1. При обработке по методу свободного притирания изменение диаметра инструмента может служить одним из эффективных параметров, позволяющих гибко управлять процессом формообразования деталей с высокоточными плоскими поверхностями.

2. Для уменьшения опрокидывающего момента, являющегося источником образования на детали общей погрешности в виде «бугра», необходимо использовать наклеичный инструмент с коротким хвостовиком.

3. При изготовлении высокоточных оптических деталей по методу свободного притирания целесообразно применять ручную подачу абразивной суспензии, причем наносить ее следует на центральную зону обрабатываемой поверхности.

Поступила 27.12.2012

УДК 616-078

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СКАНИРУЮЩИХ ЦИФРОВЫХ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В ТРАВМАТОЛОГИИ

*ЧЕПЕЛЕВ А. Н.<sup>1)</sup>, студ. ЧЕПЕЛЕВ С. Н.<sup>2)</sup>, канд. техн. наук, доц. ЧЕПЕЛЕВА Т. И.<sup>3)</sup>*

<sup>1)</sup>УЗ «17-я городская поликлиника г. Минска»,

<sup>2)</sup>Белорусский государственный медицинский университет,

<sup>3)</sup>Белорусский национальный технический университет

Цифровая рентгенография – это методы проекционной рентгенографии, при которых рентгеновское изображение получается при помощи цифровых компьютерных систем с дальнейшей его обработкой. Полученный при рентгенографии сигнал, поступающий на детектор, преобразуется в ряд цифровых параметров, которые оперативно обрабатываются и сохраняются, с возможностью вывода на монитор компьютера и последующей обработки.

В настоящее время цифровые рентгенодиагностические аппараты находят все большее

применение в медицине. Их активное использование в Республике Беларусь в течение последних 15–20 лет уже позволило многократно снизить коллективную дозу облучения населения страны при диагностических обследованиях и, как следствие, добиться снижения риска развития индуцированных онкологических заболеваний кожи, легких, крови, иных органов и тканей.

Данные методы имеют свои достоинства и преимущества:

- технические (установка основных параметров аппарата осуществляется дистанционно

и максимально точно; максимально короткий интервал между процессом съемки и получением конечного изображения; возможность компьютерного анализа и обработки изображения с целью улучшения его качества и упрощения оценки; более низкий процент брака при получении изображений);

- статистические (возможность длительного хранения большого архива изображений без потери качества снимков, а при необходимости – их оперативного извлечения и сравнительного анализа);

- экономические (отсутствие расходов на рентгеновскую пленку, реактивы и связанное с проявкой изображений оборудование; более низкое энергопотребление);

- социально-экологические (более низкая лучевая нагрузка на пациентов, что особенно важно в травматологии; отсутствие загрязнения окружающей среды, связанного с утилизацией рентгеновской пленки и использованных проявочных реактивов) и др.

При компьютерной рентгенографии изображение формируется не на рентгеновской пленке, а на специальном детекторе рентгеновского излучения.

**Основные типы цифровых детекторов рентгеновского излучения.** Традиционно выделяют следующие виды детекторов [1]:

1) системы с усилителями рентгеновского изображения (оцифровка рентгеновского изображения) – цифровое рентгеновское изображение формируется путем преобразования исходного изображения в электронно-оптическом преобразователе вывода на экран телевизионного монитора с помощью цифровой видеокамеры. Недостатками метода являются невысокая разрешающая способность и малый динамический диапазон;

2) цифровую рентгенографию на запоминающих люминофорах (компьютерная рентгенография) – фиксация рентгеновского изображения экраном, покрытым специальным люминофором. В момент рентгеновской экспозиции происходит запоминание информации люминофором в виде скрытого изображения, которое способно сохраняться длительное время. Считывание скрытого изображения производится

инфракрасным лазером, который стимулирует люминофор;

3) цифровую полупроводниковую рентгенографию, которая имеет свои разновидности, такие как:

- цифровая селеновая рентгенография как детектор в виде барабана, покрытого слоем селена. Под действием рентгеновского излучения на поверхности селенового покрытия возникает электрический заряд (по принципу разряда в открытой цепи), величина которого зависит от энергии излучения;

- цифровая рентгенография на основе полноформатной матрицы – детектирующим устройством является полномасштабная твердотельная преобразовательная структура (матрица), способная на площади до 430×430 мм сформировать цифровое изображение с числом пикселей до 3К×4К и зарядной емкостью до 14 бит. Матрица представляет собой двухмерную поверхность, разбитую на ячейки. Существуют два варианта исполнения матрицы: на основе аморфного кремния и аморфного селена. Главным недостатком этого метода до сих пор является высокая цена матриц;

- цифровая рентгенография на основе линейки детекторов (сканирующая рентгенография) – технология получила активное распространение в Республике Беларусь.

Линейные многоэлементные рентгеночувствительные детекторы работают по принципу механического сканирования по кадру изображения. Сканирующая рентгенография на сегодняшний день является оптимальным решением для практической рентгенодиагностики с точки зрения достижения приемлемого баланса «качество цифрового изображения/цена приемника».

Технология получения двумерного цифрового рентгеновского изображения пациента методом сканирования плоским пучком основана на:

- сканировании пациента чрезвычайно узким (менее 2 мм) рентгеновским пучком, сформированным щелевой диафрагмой (коллиматором);

- использовании в качестве преобразователя рентгеновского изображения высокочувствительной линейной матрицы полупроводниковых сцинтилляционных детекторов;

- получении рентгеновского изображения пациента путем пошагового сканирования линейным детектором, движение которого синхронизировано со сканирующим рентгеновским пучком;

- формировании двухмерной матрицы цифрового изображения, одна координата (совпадающая с линейкой детекторов) которой определяется числом элементов в детекторе, а другая – числом шагов сканирования (числом отсчетов).

В отличие от других цифровых приемников рентгеновского излучения в сканирующих приемниках на основе полупроводниковых детекторов:

- полностью устраняется влияние неинформативного рассеянного излучения на качество

цифрового изображения, причем без использования антирассеивающей решетки;

- значительно снижается лучевая нагрузка на пациента;

- существенно улучшается контрастная чувствительность;

- высокое пространственное разрешение реализуется достаточно простыми средствами;

- обеспечиваются разумная стоимость и низкие эксплуатационные затраты (ремонтоспособность) детектора.

Сравнительные характеристики всех методов компьютерной рентгенодиагностики [2] представлены в табл. 1.

Из всех аппаратов компьютерной рентгенографии в Республики Беларусь наибольшее распространение получили приборы на основе линейки детекторов («Пульмоскан», «Унискан», «Травмаскан» – устройства отечественного производства компании «Адани»).

Таблица 1

Сравнительные характеристики существующих детекторов для цифровой рентгенологии

№	Тип детектора	Разрешение, п. л./мм	Размер кадра, мм	Динамический диапазон	$t_{min}$ , с	Контрастная чувствительность, %	Доза, мкР	Примечание
1	РЭОП + цифровой ТВ тракт	2,0–4,0	Ø230–400	Видикон-30 ПЗС-100	0,01	2,0	300 600	Ограничения по размеру входного экрана
2	Стимулируемый люминофор + ФЭУ	5,0	400×400	150	0,01	1,5	800	Сложность считывания информации, высокая стоимость
3	Оптика + ПЗС	2,0–4,0	400×400	100	0,05	1,5	1500	Повышенная доза на кадр
4	УРИ + ПЗС + поворот	4,0	420×420	Более 200	4,0	1,5	100	Механическая сложность, повышенное время $t_{min}$
5	Линейка Хе + скан.	1,5	380×400	160	4,0–8,0	1,0	150	Высокое время сканирования, пониженная разрешающая способность
	Линейка ППД + скан.	1,5–3,0	380×380	Более 100	5,0–10,0	1,0	150–600	Высокое время сканирования, пониженная разрешающая способность
6	Полноформатная матрица Si + люминофор	4,0 20–25* 15–20**	400×400 20×30 250×300	Более 150 Более 100 Более 100	0,005 0,005 0,005	1,0 1,0 1,0	300 3000 2000	Сложность изготовления матрицы и высокая стоимость
7	Полноформатная матрица Si + селеновый слой	5,0	400×400	Более 150	0,005	1,5	300	Сложность изготовления матрицы и высокая стоимость

\* Для интраоральной съемки.

\*\* Для маммографии.

**Сравнительная характеристика аппаратов экспресс-диагностики травмированных пациентов.** Интерес в травматологии представляет в первую очередь аппарат для экспресс-рентгенодиагностики травмированных пациентов на основе как обзорных (или крупноформатных) рентгеновских изображений, так и стандартных (малоформатных) изображений мягких тканей и костной структуры пациента, находящегося в положении лежа, сидя и стоя. Подобным критериям на мировом рынке удовлетворяют только аппараты «Травмаскан» белорусской компании «Адани» и Xmplar-dr (современная версия Statscan) африканской компании Lodox.

Изучены основные параметры обоих аппаратов, которые приведены в табл. 2.

Диагностический диапазон пространственного разрешения (размер пикселя изображения) в сканирующих приемниках рентгеновского изображения достигается за счет:

- оптимального числа и размеров рентгеночувствительных элементов;
- задания оптимального числа шагов сканирования;
- использования проекционного увеличения рентгеновского изображения;
- оптимального устройства диафрагмы и подбора интенсивности рентгеновского излучения.

Из табл. 2 очевидно, что аппарат Xmplar-dr обладает меньшим размером пикселя изображения и, как следствие, более высоким качеством получаемого изображения. Также к несомненным достоинствам этого аппарата следует отнести возможность получения максимального изображения за один проход без временных задержек, что особенно важно при большом количестве тяжелых пациентов во время терактов и военных действий. Кроме того, программное обеспечение африканского аппарата позволяет получать снимки любого размера и любой локализации в рамках максимального размера, что имеет преимущество над другими аппаратами.

К достоинствам белорусского аппарата «Травмаскан» относятся:

- возможность получения итогового изображения большей длины (2,0 м, против 1,8 м у Xmplar-dr);
- возможность подбора высоты стола, что имеет решающее значение в случае поступления пациентов ростом выше 1,8 м и нестандартных габаритов и позволяет избежать лишнего их перекладывания (т. е. значительно снизить временные затраты и избежать дополнительных нагрузок на пациентов при манипуляциях);
- значительно более низкая стоимость аппарата.

Таблица 2

Основные параметры аппаратов «Травмаскан» и Xmplar-dr

Параметр	Аппарат «Травмаскан»		Аппарат Xmplar-dr
	Режим VRS (для предварительного просмотра)	Режим HRS (высокого разрешения)	
Размер пикселя изображения	320 $\mu\text{m}$	160–200 $\mu\text{m}$	60 $\mu\text{m}$
Максимальный размер изображения	2×(1000 мм×500 мм) – небольшой временной интервал между изображениями (суммарно 2000 мм×500 мм)	От 220 мм×220 мм до 410 мм×410 мм	1800 мм×680 мм
Угол поворота С-образной фермы	0°–100°		0°–90°
Возможность наклона стола для получения снимков в положении Тренделенбурга	Опционально		0°–10°
Время для получения максимального изображения	Не указано в документации	–	12,98 с

жения			
-------	--	--	--

**Пути совершенствования устройства аппаратов.** Анализ основных технических параметров рентгенодиагностических устройств выявил некоторые их негативные стороны. Так, при использовании одной линейной матрицы полупроводниковых детекторов и одного щелевого коллиматора установлены существенные недостатки: из-за минимального размера одного пучка излучения (1–2 мм) и чрезвычайной узости приемной матрицы (100–300 мкм), а также вибраций и люфта оборудования, получается вынужденное лишнее облучение пациента, снижается качество конечного рентгеновского изображения. Отрицательную роль в снижении качества снимка играет и ширина мертвой зоны между детекторами изображения. Отмечено, что разрабатываемые в настоящее время устройства с двумя и более щелевыми коллиматорами и несколькими рядами детекторов лишены указанных выше недостатков [3]. За счет оптимально рассчитанной геометрии линеек детекторов они дают более качественное по яркости, контрасту и разрешению изображение, а также позволяют снизить побочное рентгеновское облучение на пациента.

Аппараты с многострочным методом сканирования в несколько раз дешевле аппаратов с полнокадровым методом, при этом обладают сопоставимым качеством получаемого изображения. Замечено, что использование многострочного метода позволяет значительно упростить и скорректировать формирование конечного изображения при компьютерной обработке (по сравнению с однострочным методом) за счет возможности более эффективного контроля над формированием конечного цельного изображения из составных элементов.

### ВЫВОДЫ

1. Существующие в настоящее время на мировом рынке цифровые сканирующие рентге-

нодиагностические аппараты для экспресс-диагностики в травматологии обладают различными конструкционными недостатками. Впервые проведен сравнительный анализ двух наиболее представленных на мировом рынке моделей аппаратов («Травмаскан» белорусской компании «Адани» и Xmplar-dr африканской компании Lodox), выявивший ряд путей для их совершенствования, таких как:

- повышение разрешающей способности линейки детекторов как интенсивным (уменьшение размеров и повышение качества детекторов), так и экстенсивным (создание и оптимальное геометрическое расположение дополнительной линейки детекторов) путем;
- увеличение размеров поля обследования за счет совершенствования программного обеспечения и конструкторских доработок;
- разработка усовершенствованной конструкции стола с целью обеспечения возможности выполнения снимков под любым заданным углом в любой плоскости.

2. Метод цифрового рентгеновского сканирования является, несмотря на наличие в настоящий момент ряда конструкторских недоработок, перспективным в травматологии и обладает рядом преимуществ (высокая скорость получения снимков, низкая лучевая нагрузка на пациентов, возможность получения снимков больших размеров, сравнительно низкая стоимость оборудования).

### ЛИТЕРАТУРА

1. **Линев, В. Н.** Роль современных сканирующих технологий в цифровой рентгенодиагностике / В. Н. Линев. – Минск: Радиология в медицинской диагностике, 2003. – С. 41–49.
2. **Основы рентгенодиагностической техники** / Под ред. Н. Н. Блинова. – М.: Медицина, 2002.
3. **Сканирующий** малодозовый рентгенографический аппарат: пат. Рос. Фед. № 2347531, заявка 2007137407/14 от 09.10.2007.

Поступила 17.05.2013