

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
МЕДИКО-СТОМАТОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.И. ЕВДОКИМОВА»  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ООО «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ»

# МЕДИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НЕКОТОРЫМ ВИДАМ РЕНТГЕНОВСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Учебно-методическое пособие*

Москва  
2021

УДК: 621.386:614.8.086.5(075.9)  
ББК 53.641я77+31.280.1-08н6  
М42

Рецензент:

Климова Наталья Валерьевна – д.м.н., профессор, заведующая кафедрой  
многопрофильной клинической подготовки ФГБУ ВО  
«Сургутский государственный университет»

Васильев А.Ю. (ред.), Алексеева О.М., Мануйлова О.О., Павлова Т.В.,  
Шолохова Н.А., Нечаев В.А., Потрахов Н.Н., Бессонов В.Б.

М42 Медико-технические требования к некоторым видам рентгеновского  
оборудования. / Васильев А.Ю. (ред.), Алексеева О.М., Мануйлова О.О.,  
Павлова Т.В., Шолохова Н.А., Нечаев В.А., Потрахов Н.Н., Бессонов В.Б. –  
М.: МГМСУ, ООО ЦНИИЛД, Издательство ИКАР, 2021. – 48 с.

**ISBN 978-5-7974-0714-0**

В учебно-методическом пособии представлены медико-технические требования к различным видам рентгеновского оборудования, приведены примеры технических характеристик рентгеновских аппаратов для маммографии, педиатрии, а также дана сравнительная характеристика конусно-лучевых компьютерных томографов для исследования конечностей. Учебно-методическое пособие предназначено для врачей-рентгенологов, клинических ординаторов и курсантов, проходящих обучение по специальности «Рентгенология». Содержит тестовые задания с эталонами ответов, предназначенные для самоконтроля и контроля усвоенного материала.

*Утверждено Учебно-методическим советом в качестве учебного пособия, подготовленного для обучающихся, осваивающих программы дополнительного профессионального образования по специальности «рентгенология» (протокол № 2 от 24 февраля 2021 г.)*

*Утверждено на заседании ученого совета ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики» (протокол № 3 от 24 марта 2021 г.)*

ISBN 978-5-7974-0714-0

УДК: 621.386:614.8.086.5(075.9)  
ББК 53.641я77+31.280.1-08н6

© МГМСУ, ООО ЦНИИЛД, 2021

© Васильев А.Ю. (ред.), Алексеева О.М., Мануйлова О.О.,  
Павлова Т.В., Шолохова Н.А., Нечаев В.А., Потрахов Н.Н.,  
Бессонов В.Б., 2021

© Оформление. АО «Издательство ИКАР», 2021

## **Авторы учебно-методического пособия**

Васильев Александр Юрьевич (ред.) – член-корреспондент РАН, д.м.н., профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» МЗ РФ, генеральный директор ООО «ЦНИИЛД»

Алексеева Ольга Михайловна – к.м.н., врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ГБУЗ «ГКБ им. В.М. Буянова» ДЗ г. Москвы

Мануйлова Ольга Олеговна – к.м.н., заведующая отделением лучевой диагностики ГБУЗ «ГКБ им. В.М. Буянова» ДЗ г. Москвы

Павлова Тамара Валерьевна – к.м.н., врач-рентгенолог высшей категории отделения лучевой диагностики ГБУЗ «ГКБ им. В.М. Буянова ДЗ» г. Москвы, старший научный сотрудник клинического отдела ООО «ЦНИИЛД»

Шолохова Наталия Александровна – к.м.н., доцент кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» МЗ РФ

Нечаев Валентин Александрович – к.м.н., врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ГБУЗ «ГКБ им. В.М. Буянова ДЗ» г. Москвы

Потрахов Николай Николаевич – заведующий кафедрой электронных приборов и устройств ФГАОУ ВО «СПбГЭТУ «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», доктор технических наук, профессор

Бессонов Виктор Борисович – к.т.н., доцент кафедры электронных приборов и устройств ФГАОУ ВО «СПбГЭТУ «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений.....	5
Введение.....	6
Медико-технические требования к рентгеновским маммографам различного назначения.....	7
Основные параметры для диагностических маммографических систем.....	12
Медико-технические требования к мониторам для маммографических исследований.....	16
Медико-технические требования к рентгеновскому оборудованию для педиатрии.....	19
Медико-технические требования к портативным рентгеновским аппаратам для неонатологии.....	25
Конусно-лучевые компьютерные томографы для исследования опорно-двигательного аппарата.....	37
Заключение.....	42
Список рекомендуемой литературы.....	43
Вопросы для самоконтроля.....	46

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

**АРМ** – автоматизированное рабочее место

**КЛКТ** – конусно-лучевой компьютерный томограф

**ИРИ** – источник рентгеновского излучения

**МСКТ** – мультисрезовая компьютерная томография

**РИП** – расстояние источник – приемник

**РПУ** – рентгеновское питающее устройство

**СВР** – система визуализации рентгеновских изображений

**мАс** – миллиампер в секунду

**кВ** – киловольт

**IPS** – in-plane switching (технология экрана для жидкокристаллических дисплеев)

## ВВЕДЕНИЕ

Значительное разнообразие оборудования для проведения рентгеновских исследований нередко вызывает затруднение при их эксплуатации из-за недостаточной осведомленности врачей о физико-технических особенностях рентгеновской аппаратуры. Быстрый переход от аналоговых рентгеновских систем к цифровым позволил улучшить качество рентгеновских исследований во многих областях. За последние годы фактически все компоненты рентгеновского оборудования подверглись значительным изменениям. Цифровые приемники рентгеновского изображения, мониторы высокого разрешения, новые методики и специализированное программное обеспечение для различных областей и диагностики нозологических форм привели к резкому улучшению рентгенодиагностики. В то же время врачи-рентгенологи постоянно сталкиваются с дефицитом материалов по новым разработкам рентгеновской техники. Для практического здравоохранения крайне важно учитывать быструю динамику рентгеноаппаратостроения для скорейшего внедрения новых диагностических технологий в лечебно-профилактических учреждениях любого уровня.

# МЕДИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РЕНТГЕНОВСКИМ МАММОГРАФАМ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Понятие «цифровая маммография» объединяет в себе несколько видов технологий, отличающихся типом используемой системы получения изображения. В соответствии с ГОСТ Р58448–2019 «Изделия медицинские. Аппараты рентгеновские маммографические с цифровой регистрацией изображения. Существенные технические характеристики» в клинической практике получили распространение два типа цифровых маммографических систем:

- Компьютерная радиография (CR) на базе кассет с запоминающей люминофорной пластиной и дигитайзером. Получение цифрового изображения с использованием CR осуществляется в несколько этапов: экспонирование кассеты, перенос кассеты из касетоприемника маммографа в дигитайзер, считывание данных с кассеты и передача данных на рабочую станцию, очистка кассеты для подготовки к новому исследованию.
- Полноформатная цифровая маммография (FFDM), использующая два вида цифровых детекторов с непрямым и прямым преобразованием цифрового сигнала.

Детекторы непрямого преобразования используют двухступенчатый процесс. Вначале слой сцинтиллятора типа йодида цезия с таллием захватывает энергию рентгеновских лучей и преобразует ее в энергию фотонов. Слой диодов конвертирует фотоны в электронные сигналы. Подобно усиливающему экрану имеется рассеивание пучка излучения и, как следствие, ком-

промисс между пространственной разрешающей способностью и чувствительностью.

В детекторах с прямым преобразованием сигнала устраняются явления рассеивания. В этих системах фотопроводник поглощает рентгеновское излучение и направленно преобразует его в электрический сигнал. Под влиянием внешнего электрического поля заряженные частицы передвигаются строго по направлению электрического поля, без бокового рассеивания.

Маммографические системы делятся на два основных класса – скрининговые и диагностические, которые могут быть стационарного и передвижного типа.

Одним из основных критериев для маммографических систем, как скрининговых, так и диагностических, являются разрешающая способность детектора и способ получения изображения. Детекторы подразделяются на плоскпанельный и сканирующий по способу получения информации прямого и непрямого преобразования. В таблице 1 приведены основные параметры для скрининговых маммографических систем, действующих на территории Российской Федерации.



### Основные технические параметры для скрининговых маммографических систем

<b>Детектор</b>		
<b>1</b>	Метод преобразования рентгеновского изображения в электрический сигнал и цифровое изображение	
	Прямое преобразование	Непрямое преобразование
	<p>+ При прямом преобразовании рентгеновский луч не преобразуется в свет, поэтому не происходит размывания, что обеспечивает более четкое изображение и высокий контраст при меньшей дозе, чем в случае с непрямом типом преобразования.</p> <p>- Высокая стоимость</p>	<p>+ Низкая стоимость.</p> <p>- При непрямом преобразовании выше потери сигнала, изображение менее четкое и выше доза облучения.</p>
<b>2</b>	<b>Материал детектора</b>	
	Аморфный селен	Аморфный кремний (a-Si) + сцинтиллятор CsI
<b>3</b>	<b>Размер пикселя изображения, мкм</b> от 50 до 100 мкм	
	Чем меньше размер пикселя, тем выше разрешающая способность детектора. Тем самым лучше визуализация мелких новообразований в молочной железе	
<b>4</b>	<b>Размер рабочего поля детектора, мм</b>	
	236,4×296,4	40×307      240×290

5	<b>Число пикселей по вертикали и горизонтали, пиксель</b>
	4728×5928, 4608×5888, 2800×3500, 2394×2850
	Прямая зависимость от размера пикселя и детектора. Большее число пикселей обеспечивает лучшую детализацию мелких структур железы на изображении. Изображение более четкое и содержит больше диагностической информации, что повышает вероятность выявления мельчайших новообразований на ранней стадии
6	<b>Пространственное разрешение, пар линий/мм</b> от 6 до 10
	Чем больше пространственное разрешение, тем выше диагностическое качество снимка, что позволяет визуализировать более мелкие детали, в частности, микрокальцинаты
7	<b>Функция передачи модуляции (MTF) для пространственной частоты 1 пары линий/мм, %</b> не менее 70
	Параметр, характеризующий качество системы, воспроизводящей изображения
<b>Генератор и трубка</b>	
8	Скорость вращения анода, об./мин от 7900 до 10 000
	Чем выше скорость вращения анода, тем меньше перегрев и время для отвода тепла, соответственно меньше износ. За счет этого увеличивается ресурс работы трубки, снижается время для подготовки аппарата к новой экспозиции, что увеличивает пропускную способность маммографического кабинета

9	<p>Диапазон показателя ток/время, мАс 2–600; 4–500</p>
	<p>Чем шире диапазон, тем оптимальнее можно выбирать параметры в различных клинических случаях (большой показатель – для больших размеров молочных желез)</p>
10	<p>Мощность генератора, кВт от 5 до 7</p>
	<p>Чем выше значение мощности, чем больше значение и шире диапазон напряжения и силы тока. Это позволяет более гибко подбирать режимы съемки для разных клинических случаев и под разные размеры молочной железы</p>
<b>Штатив снимков</b>	
11	<p>Фокусное расстояние, см 65–66</p>
	<p>Большее фокусное расстояние означает, что рассеивание пучка больше, для его стабилизации и получения изображений такого же (при сравнении с меньшим фокусным расстоянием) качества необходимо большая мощность пучка, что ведет к увеличению дозовой нагрузки на пациента</p>
12	<p><b>Диапазон поворота С-дуги, град.</b> 350–380</p>
	<p>Оптимальным является покрытие всего диапазона в 360 градусов</p>
13	<p><b>Диапазон вертикального перемещения штатива от уровня пола, см</b> 43–128, 50–125, 67–127</p>
	<p>Чем шире диапазон перемещения штатива, тем выше удобство позиционирования пациента</p>

## ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МАММОГРАФИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Диагностические маммографические системы отличаются от скрининговых расширенными функциональными возможностями. Технические характеристики, как у скрининговых, так и у диагностических маммографов, как правило, идентичные. Диагностические маммографические системы целесообразно размещать в учреждениях, занимающихся непосредственно диагностикой заболеваний молочных желез, а также хирургического профиля, в том числе пластической хирургией.

**Таблица 2**

### **Рентгеновские аппараты для уточняющей (экспертной) диагностики, основные комплектующие**

<b>Лопатка для прицельной маммографии с локальной компрессией</b>
Необходима для выполнения локальной маммографии с большей компрессией «подозрительного» участка ткани молочной железы
<b>Лопатка и увеличительный столик для прицельной маммографии с прямым увеличением</b>
Необходимо для выполнения локальной маммографии с большей компрессией и максимальным увеличением «подозрительного» участка ткани молочной железы

**Томосинтез** – рентгенологический метод исследования, представляет собой последовательность томограмм, произведенных на заданную глубину с фиксированным расстоянием между срезами. Впоследствии полученная информация оцифровывается и обрабатывается, формируя изображение

### **Технические особенности томосинтеза**

#### **Принцип получение изображения**

Последовательный

Пошаговый

При пошаговом типе перемещения трубка останавливается перед каждым снимком. В момент остановки возникает эффект энергии трубки в сторону ее движения, что негативно сказывается на качестве снимков.

При последовательном ходе томосинтеза сканирование происходит в постоянном режиме без остановки, по заданным производителем параметрам, что позволяет сократить время самой процедуры

#### **Количество режимов томосинтеза**

1

2

Большее число режимов позволяет оптимально подбирать необходимые условия в зависимости от объема и плотности железы

#### **Время экспозиции, сек. (от 4 до 25)**

Чем меньше время экспозиции, тем меньше артефактов, повышается комфорт для пациентки

### **Максимальный угол томосинтеза, град. (от 15 до 50)**

Чем выше угол наклона рентгеновской трубки, тем меньше «глубина» реконструированного изображения, что повышает диагностическую ценность исследования, в том числе при выявлении новообразований и микрокальцинатов.

### **Максимальное время обработки, сек. (от 20 до 45)**

Чем меньше время обработки, тем быстрее работоспособность, тем быстрее возможно получить готовую серию изображений.

### **КОНТРАСТНАЯ ДВУХЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СПЕКТРАЛЬНАЯ МАММОГРАФИЯ**

**Contrast Enhanced Spectral Mammography (CESM)** – диагностическая малоинвазивная технология с внутривенным введением контрастного вещества, выполняемая на рентгеновском маммографе. Методика предназначена как дополнение к стандартной рентгеновской маммографии.

Метод CESM заключается в получении двух снимков с разными режимами экспонирования: один снимок «мягкий», второй – «жесткий»:

- исследование производится после внутривенного введения йодсодержащего контрастного вещества;
- снимки выполняют следом друг за другом в течение короткого промежутка времени при одинаковой компрессии молочной железы;
- далее производится комбинация изображений таким образом, чтобы интенсивность тени в каждой точке снимка была пропорциональна концентрации контраста в соответствующем участке железы

Приставка для стереотаксической биопсии и внутритканевой маркировки (вертикальная или горизонтальная). Предназначена для забора материала из «подозрительных» участков ткани молочной железы для дальнейшей гистологической и иммуногистохимической верификации полученного материала. Принцип получения изображения строится на выполнении трех снимков, один в прямой проекции для определения патологического участка, далее выполняются два снимка в автоматическом режиме с отклонением рентгеновской трубки на  $+15^{\circ}$  и  $-15^{\circ}$ , задаются точки-маркеры, по которым в автоматическом режиме производится расчет местоположения и глубины залегания образования. После проведенной биопсии возможна установка рентгенопозитивных маркеров и гарпунов

## МЕДИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К МОНИТОРАМ ДЛЯ МАММОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

АРМ (автоматизированное рабочее место) врача-рентгенолога всегда должно быть укомплектовано двумя специализированными медицинскими мониторами: диагональ монитора не менее 21 дюйма, разрешающая способность не менее 2000×2500 пикселей (или 5 Мпк). Использование мониторов с более низкими характеристиками приводит к потере информации.

При работе на современных цифровых маммографических системах важную роль в диагностике имеют как параметры аппарата, так и технические характеристики медицинского просмотрового монитора, которые на территории РФ пока еще не регламентированы. Важно знать, что просматриваемые изображения с одного и того же маммографа отличаются в зависимости от разных мониторов и их настроек.

При выборе монитора необходимо учитывать соотношение яркости и контрастности. Контрастность позволяет отчетливее визуализировать микрокальцинаты и нарушения архитектоники структуры ткани молочной железы, а яркость – оценивать оттенки серого в максимальном разрешении, таким образом, оптимально подобранные параметры яркости и контрастности на медицинских просмотровых мониторах позволяют оценивать минимальные структурные изменения в ткани молочной железы. Однако соотношение яркости и контрастности должно быть достаточно сбалансированным для описания изображения, но не максимальным. Кроме того, чем выше заявленная яркость и контрастность медицинских просмотровых мониторов, тем больше маневренности для обеспечения лучшего качества изображения.



Еще одним из важных параметров медицинского монитора является время отклика (отсутствие «следа») от предыдущего изображения, что особенно актуально при работе с реконструкцией изображения (томосинтез).

Медицинский просмотрный монитор должен также коррелировать с параметрами детектора, установленного на цифровом маммографе. Изображения, получаемые на детекторе 10 пл/мм, соответствуют разрешению не менее 2294×1914 пикселей, очевидно, что при использовании монитора ниже 5Мп (2560×2048) изображение будет показано частично или произойдет потеря изображения. Этот параметр особенно важен при работе на современных цифровых маммографических системах.

Просмотровые медицинские маммографические мониторы имеют 10-битную шкалу серого (1024 оттенка), в то время как бытовые мониторы способны отобразить лишь 8 бит (256 оттенков). Более того, эти 1024 оттенка распределяются таким образом, чтобы передавать изображение максимально четко. Эта возможность обеспечивается за счет наличия внутренней палитры оттенков, из которой и подбираются 1024, необходимые для качественного отображения молочной железы.

В таблице 3 приведены основные характеристики 5 Мп медицинских просмотрных мониторов для маммографии ведущих фирм-производителей, представленных на российском рынке.

Таблица 3

## Физико-технические параметры 5 Мп мониторов для маммографии

Матрица	a-si TFT active matrix dual domain IPS	IPS	IPS	IPS	IPS	IPS
Диагональ, дюймы	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3
Активный размер экрана, мм	422,4×337,9	337,9×422,4	337,9×422,4	422,4×337,9	422,4×337,9	422,4×337,9
Разрешение, пиксели	2560×2048	2048×2560	2048×2560	2048×2560	2048×2560	2560×2048
Шаг пикселя, мм	0,165×0,165	0,165×0,165	0,165×0,165	0,165×0,165	0,165×0,165	0,165×0,165
Максимальная яркость, кд/м	1225	2500	2000	1200	1200	1200
Калибровочная яркость, кд/м	500	600	500	500	500	500
Контраст	1200:1	1700:1	1400:1	1200:1	1200:1	1200:1

# МЕДИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РЕНТГЕНОВСКОМУ ОБОРУДОВАНИЮ ДЛЯ ПЕДИАТРИИ

Детская радиология – отдельное направление лучевой диагностики. Разработка и производство оборудования для педиатрической практики – одна из самых сложных задач. На первый план выступает необходимость обеспечения высокого качества получаемого изображения для разных возрастных групп детей от 0 до 17 лет на базе одного рентгеновского комплекса. Следует выделить основные направления, обеспечивающие высокое диагностическое качество рентгеновских обследований в педиатрии: физико-технические условия получения изображений в зависимости от возраста/области/проекции, обработка данных с матрицы аппарата («сырого снимка»), программное обеспечение АРМ рентгенолаборанта и АРМ врача и соответствие стандартам DICOM.

## 1. Условия получения изображений

Основными особенностями рентгенодиагностических аппаратов для исследования детей можно рассматривать следующие:

- наличие трубки с большим диапазоном перемещения по линиям и осям;
- оптимальная длина стойки для всех РИП (расстояние – источник – приемник);
- возможности диафрагмирования по границам зон интереса в связи с существенными различиями массы тела пациентов (от 1 до свыше 100 кг);
- органоавтоматика в зависимости от веса, возраста, области исследования ребенка;

- высокая чувствительность комплекса при дозе от 1мкГр;
- строгое соблюдение РИП (расстояние – источник – приемник), обеспечивающее стабильность экспозиционных параметров;
- средства и методики для максимального снижения дозы;
- специализированные устройства фиксации детей;
- специализированная рентгенозащита для детей.

Технические характеристики рентгеновского комплекса для педиатрии должны обеспечить проведение обследований пациентов с массой тела от 1 до 120 кг. Для получения диагностически качественного снимка должны соблюдаться следующие условия:

- двухфокусная рентгеновская трубка размером не более 0,6 и 1,3 мм;
- общая фильтрация 1,5–2,5 мм Al;
- размер (шаг) пикселя детектора не более 150 мкм;
- разрядность АЦП детектора не менее 14 бит;
- DQE квантовая эффективность не менее 70 %.

Для снижения уровня дозовой нагрузки на пациентов-детей обследования должны проводиться с дополнительными фильтрами – 1 мм Al + 0,1–0,2 мм Cu. Фильтр позволяет отсечь нижний уровень кэВ, не участвующий при формировании изображения, тем самым увеличивая контраст и снижая уровень дозы.

Отсеивающий растр обязательно должен быть съемным для выполнения обследований как на столе, так и на стойке снимков без растра. Растр увеличивает дозу в 2–3 раза, поэтому у детей младших возрастных групп использование растра нецелесообразно.

Важно также обеспечить минимальное расстояние между декой стола и цифровым детектором. Расстояние должно быть мак-

симально малым, чтобы получать проекционное изображение без увеличений, для корректной оценки патологий в динамике.

При этом время экспозиции должно быть максимально коротким, меньше 2 мс. Это обусловлено сложностью обеспечения неподвижности маленького пациента при обследовании. Увеличение времени экспозиции будет приводить к динамической нерезкости, потере диагностических данных и увеличению дозы излучения.

Для обеспечения короткого времени экспозиции особые требования должны предъявляться к рентгеновскому питающему устройству (РПУ). Фронт формирования импульса высокого напряжения должен быть максимально приближен к форме меандра и иметь высокую точность для обеспечения стабильного уровня дозы.

Особое значение имеет АЭ камера (АЕС), обеспечивающая полуавтоматический режим проведения экспозиции. Для педиатрического возраста чувствительность полей камер должна быть на уровне десятых мкГр. Большинство камер такой чувствительностью не обладают, поэтому детей неонатального возраста, младшей и средней возрастных групп рекомендуется исследовать в ручном режиме, без использования автоэкспонетра. Для получения цифровых изображений рекомендуется использовать только плоскпанельные цифровые детекторы.

Проведение рентгеноскопических исследований у детей крайне ограничено строгими клиническими показаниями. В практике стационаров данное исследование сохраняет свою актуальность в силу доступности, скорости и информативности. Возможность анализа анатомии и функции обследуемого объекта, а в ряде случаев и сочетание с лечебными манипуляциями, например пневмоирригоскопией, не позволяют полностью отказаться от исследований в педиатрической практике. Однако

необходимо строгое соблюдение ограничений рентгеноскопии на амбулаторном уровне.

Большинство обследований должны проводиться только в импульсном режиме работы генератора с частотой не более 1–4 кадра в секунду.

Каждый педиатрический комплекс должен комплектоваться устройством для фиксации детей. Устройство должно быть безопасным для маленького пациента, удобным для медицинского персонала и обеспечивать возможность правильной укладки.

На настоящий момент актуальной проблемой рентгеновского обследования в педиатрии являются сопровождение и фиксация маленьких пациентов. В соответствии с правилами СанПин и ОСПоРБ детей в рентгеновском кабинете фиксирует сопровождающее лицо – это родитель, медицинский работник или опекун. На практике можно столкнуться с отказом сопровождающих лиц в связи с радиофобией. Данный факт обуславливает необходимость разработки специальных фиксирующих устройств для детей.

Одна из сложных задач – обеспечить надежную фиксацию пациентов от 0 до 2 лет в рамках одного фиксирующего устройства. Дети этого возраста имеют разный рост, вес, объемы. Как правило, предусматриваются переходники (или адаптеры) для обеспечения фиксации детей этих возрастных групп. Обследование детей проводится как в положении лежа на деке стола, так и в положении стоя, у стойки снимков. Во всех положениях пациент-ребенок должен быть надежно и безопасно закреплен в устройстве фиксации.

Не последнее место занимает дизайн детского комплекса. Для маленького пациента нахождение в медицинском кабинете всегда стресс, часто дети плачут, капризничают. Комплекс, оформленный в стиле детских сказок или мультфильмов, будет

привлекать внимание маленьких пациентов, позволяя отвлечь от самого обследования, что во многом упростит работу медицинского персонала.

## **2. Программное обеспечение**

Анатомические особенности ребенка также требуют применения специализированных программ постпроцессинговой обработки изображений.

Программное обеспечение рентгеновского комплекса должно быть оснащено специальным набором инструментов для АРМ рентгенолаборанта:

- возможность выбора анатомической области;
- выбор проекции;
- возможность выбора возрастных групп;
- установка генератора (кВ, мА, поля АЕС, чувствительность, почернение);
- дополнительные фильтры постпроцессинга (для уменьшения шумов);
- рекомендации по установке или извлечению раstra;
- автоматизированный коллиматор с возможностью ручной коррекции.

Специально подобранные программы органоавтоматики для различных возрастных групп способны обеспечивать оптимальное качество диагностического изображения в сочетании с минимальной дозой нагрузки у пациентов детского и подросткового возраста.

Для минимизации ошибок пользователя и автоматизации установки экспозиционных параметров в АРМ лаборанта должны всегда использоваться программы органоавтоматики (АРП). Лаборант выбирает анатомическую область исследования, про-

екцию и возрастную группу пациента, после чего выставляются оптимальные параметры – как экспозиционные, так и для цифровой обработки снимка (постпроцессинг).

Важное значение имеет программное обеспечение АРМ врача. Минимальный программный продукт обязательно должен содержать удобную панель инструментов измерения и оценки параметров и не ухудшать качество изображения при работе с ним (масштабирование, настройка окна яркости/контраста, интертирование, поворот и отображение и т. д.):

- стандартный пакет измерений (линейка, кривая, ломаная, угол);
- специализированные пакеты (определение степени продольного и поперечного плоскостопия, величины сколиоза по методу Кобба, пакет измерений для позвоночника, отвес и т. д.).

Наличие современного и удобного программного обеспечения влияет на процесс получения и интерпретацию диагностических данных, что в конечном итоге повышает эффективность и пропускную способность рентгенодиагностических кабинетов.



### 3. МЕДИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПОРТАТИВНЫМ РЕНТГЕНОВСКИМ АППАРАТАМ ДЛЯ НЕОНАТОЛОГИИ

#### *Позиционирование новорожденного для рентгенологического исследования*

Во время проведения рентгенодиагностических исследований на цифровом неонатальном острофокусном рентгенодиагностическом комплексе новорожденный может располагаться:

- в специальном боксе — кювезе;
- в кроватке в родильных залах, палатах интенсивной терапии, реанимационных отделениях, не оборудованных средствами рентгеновской защиты;
- на каталке новорожденных или в люльке-переноске во время транспортировки из роддома в перинатальный центр;
- на поверхности в других неспециализированных или нестационарных условиях.

Вследствие малой подвижности недоношенных новорожденных специальные меры для фиксации их положения во время рентгеновской съемки не предусматриваются.

При проведении контрастных исследований брюшной полости и желудочно-кишечного тракта допустимо использовать рентгенопрозрачный компрессионный тубус для дистанционной компрессии интересующей области.

#### *Точное позиционирование рентгеновского излучателя и приемника рентгеновского изображения*

Общее правило при выполнении позиционирования детектора СВР для проведения рентгеновской съемки новорожденного в неспециализированных и нестационарных условиях — детек-

тор располагается непосредственно под пациентом. При использовании комплекса ИРИ располагается над пациентом с помощью многофункционального штативного устройства.

При использовании комплекта приспособлений портативный ИРИ располагается над пациентом с помощью малогабаритного штативного устройства, входящего в комплект, или проводится рентгеновская съемка «с руки».

Кожно-фокусное расстояние при проведении рентгеновской съемки определяется типом рентгенологической процедуры. В подавляющем большинстве случаев оно составляет около 40 см. При съемке новорожденного, находящегося в кювезе, величина кожно-фокусного расстояния определяется высотой кювеза.

#### *Требования к средствам установки, контроля и регулирования режимов работы*

Установка и контроль режимов работы изделия осуществляются с помощью отдельного микропроцессорного пульта управления. Информация о режимах отображается на ЖК-дисплее станции визуализации рентгеновского изображения (СВР). СВР должна позволять рентгенолаборанту осуществить все необходимые функции при проведении рентгенологического исследования (РЛИ):

- регистрация пациента;
- выбор параметров экспозиции с помощью анатомического программирования (орган-автоматика);
- функция предварительного выбора нескольких параметров экспозиции;
- управление режимами работы ИРИ;
- функция синхронизации получаемого рентгеновского изображения с выбранной фазой сердечного ритма;

- предварительный просмотр сразу после проведения экспозиции;
- отображение полученных снимков в виде миниатюрных изображений;
- цветовая кодировка статуса изображений, находящихся в памяти системы;
- функция отмены удаления отбракованного снимка;
- функция копирования параметров экспозиции, компьютерная обработка выбранного снимка и запоминание «нового» снимка;
- функция измерения дозы облучения с помощью встроенного дозиметра и пересчета в эффективную дозу в мЗв;
- отображение значения эффективной дозы на снимке;
- функция вычисления величины суммарной дозы за обследование;
- возможность отложить обследование;
- возможность отменить обследование;
- запись изображения в формате DICOM CD со снимками и программой для их просмотра;
- сохранение снимков в памяти компьютера;
- наличие WiFi-канала для публикации результатов обследований или вывода их на печать;
- просмотр полученных снимков и другой информации осуществляется с помощью сенсорного ЖК-дисплея СВ.

*Требования к способам и средствам отображения информации*

Отображение информации осуществляется цифровым способом на ЖК-дисплее СВ.

### *Требования к порядку взаимодействия между персоналом и пациентом в процессе применения изделия*

При проведении рентгенодиагностических исследований новорожденных, находящихся в кювезе, рентгенолаборант должен использовать ИРИ. ИРИ силами одного рентгенолаборанта подвозится с тыльной стороны кювезы. Детектор СВР должен располагаться под днищем кювеза, моноблок ИРИ – над куполом кювезы, тубус коллиматора – вплотную к поверхности купола. Ориентация моноблока – ось пучка РИ расположена перпендикулярно днищу кювеза. С помощью регулировок коллиматора под визуальным контролем формируется поле облучения, например, на грудной клетке новорожденного. Режимы работы ИРИ должны быть установлены в соответствии с таблицами экспозиции при рентгеновской съемке новорожденных и руководством по эксплуатации ИРИ.

Для обеспечения условий радиационной безопасности соседние кювезы с новорожденными на время проведения рентгеновской съемки накрываются рентгенозащитными фартуками, в том числе входящим в комплект поставки ИРИ.

При проведении рентгенодиагностических исследований в родильных залах, палатах интенсивной терапии и реанимационных отделениях рентгенолаборант должен использовать ИРИ. ИРИ силами одного рентгенолаборанта подвозится к операционному или перевязочному столу, больничной кровати и т. д. с лицевой стороны. Моноблок ИРИ должен располагаться над пациентом на заданном кожно-фокусном расстоянии. Ориентация моноблока – ось пучка РИ расположена перпендикулярно поверхности стола или кровати. С помощью регулировок коллиматора под визуальным контролем формируется поле облучения на грудной клетке новорожденного или других отделах тела пациента в зависимости от проводимой рентгенологической про-

цедуры. Плоскопанельный детектор РИ в герметичном конверте располагается на поверхности стола или кровати под пациентом. Режимы работы ИРИ должны быть установлены в соответствии с таблицами экспозиции при рентгеновской съемке новорожденных и руководством по эксплуатации ИРИ.

Для обеспечения условий радиационной безопасности окружающие пациенты должны быть удалены на расстояние не менее трех метров или накрыты поверх одеял рентгенозащитными фартуками на время проведения рентгеновской съемки.

### **Технические требования**

При проведении рентгенодиагностических исследований новорожденных в нестационарных и (или) неспециализированных условиях используется комплекс, включающий в себя источник рентгеновского излучения и комплект приспособлений.

Комплекс должен соответствовать требованиям государственных санитарных норм в области обеспечения радиационной безопасности, иметь регистрационное удостоверение РФ и декларацию о соответствии.

#### *Требования к комплексу в целом*

Комплекс должен состоять из:

- источника рентгеновского излучения (ИРИ);
- приемника рентгеновского излучения (ПРИ);
- станции визуализации рентгеновского изображения (СВР);
- многофункционального штативного устройства (МШУ).

Технические характеристики комплекса:

- масса комплекса должна быть не более 250 кг;
- габаритные размеры (в положении для транспортировки) должны быть не более: высота – 1800 мм, ширина – 800 мм, длина – 1600 мм;

- питание комплекса должно осуществляться от электрической сети переменного однофазного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц;
- номинальная мощность, потребляемая комплексом от электрической сети, не более 3600 Вт;
- расстояние от фокусного пятна рентгеновской трубки до пола (для ИРИ установленного в штатив) не менее чем 1050 мм.

### *Перечень технических требований к ИРИ*

ИРИ предназначен для формирования электромагнитного излучения рентгеновского диапазона (рентгеновского излучения) для проведения рентгенодиагностических исследований. ИРИ сконструирован по моноблочной схеме на основе отечественной острофокусной рентгеновской трубки. Информация о режимах отображается на ЖК-дисплее пульта управления ИРИ.

Основными узлами источника рентгеновского излучения являются:

- рентгеновская трубка. Предпочтение при выборе рентгеновской трубки для источника рентгеновского излучения должно отдаваться российским производителям. Тип питания рентгеновской трубки – постоянное напряжение. Рентгеновская трубка должна иметь катод прямонакального типа;
- множитель напряжения, обеспечивающий величину анодного напряжения в соответствии с техническим заданием;
- высоковольтный трансформатор;
- трансформатор для обеспечения питания накала рентгеновской трубки;
- устройство детектирования фазы покоя сердечного ритма пациента;

- микропроцессорная плата управления с управлением через Ethernet-интерфейс;
- силовая плата питания моноблока.

ИРИ должен обладать следующими техническими характеристиками:

- должно обеспечиваться исполнение уставок анодного напряжения в диапазоне от не более 40 кВ до не менее 120 кВ с шагом 1 кВ;
- должно обеспечиваться исполнение уставок анодного тока в диапазоне от 0,5 до 3 мА с шагом 0,1 мА;
- должно обеспечиваться исполнение уставок времени экспозиции в диапазоне от 0,01 до 1 с.;
- должно обеспечиваться исполнение уставок произведение ток-время в диапазоне от 0,005 мА·с до 3 мА·с.;
- должна обеспечиваться точная синхронизация момента начала генерирования рентгеновского излучения с моментом начала фазы покоя сердечного ритма по ЭКГ-сигналу от пациента;
- номинальное значение фокусного пятна источника рентгеновского излучения должно быть не более 0,3 мм;
- линейность радиационного выхода с допуском отклонением не хуже 0,2;
- масса источника рентгеновского излучения не более 4 кг;
- тип цифрового интерфейса Ethernet;
- номинальная электрическая мощность источника рентгеновского излучения не более 700 Вт;
- наличие возможности обеспечения питания от аккумуляторной батареи;
- источник рентгеновского излучения должен быть сконструирован по моноблочной схеме;

- количество рентгеновских снимков при работе от аккумуляторной батареи, выполняемых при максимальных рабочих режимах источника рентгеновского излучения, не менее 10 шт.;
- регулируемая диафрагма специализированного коллиматора должна обеспечивать возможность выполнения рентгеновских снимков на приемниках рентгеновского изображения от не более 10×10 мм до не более 430×430 мм в плоскости перпендикулярной оси пучка рентгеновского излучения, при расстоянии от фокусного пятна до приемника рентгеновского изображения (1000±10) мм.
- угол поворота поля рентгеновского излучения вокруг оси излучения не менее ±85;
- собственная фильтрация коллиматора Al не менее 2 мм;
- масса специализированного коллиматора не более 0,9 кг.

*Перечень требований к системе визуализации рентгеновских изображений*

СВР предназначена для получения рентгеновского изображения в формате, поступающего по беспроводному каналу от детектора рентгеновского излучения, а также его последующей обработки и передачи в PACS-систему. Просмотр полученных снимков и другой информации должен осуществляться с помощью сенсорного ЖК-дисплея.

- СВР для неонатологии должна быть изготовлена на основе плоскопанельного цифрового детектора;
- просмотр полученных снимков и другой информации должен осуществляться с помощью сенсорного ЖК-дисплея;
- питание СВР должно осуществляться от встроенного или сменного БА.



Система визуализации должна состоять из детектора рентгеновского излучения, АРМ-лаборанта, зарядной станции для блока аккумуляторов, входящих в состав детектора рентгеновского изображения.

Детектор рентгеновского излучения предназначен для регистрации прошедшего сквозь исследуемый объект рентгеновского излучения, а также для передачи визуализированного рентгеновского изображения на СВР при помощи беспроводного канала связи. Детектор рентгеновского излучения выполнен на основе плоскопанельного цифрового детектора.

Плоскопанельный цифровой детектор предназначен для получения высококачественных рентгеновских изображений пациентов с минимально возможной входной дозой. Плоскопанельный цифровой детектор должен обеспечивать беспроводную передачу изображений на рабочую станцию.

АРМ лаборанта должно быть выполнено на базе планшетного компьютера и предназначено для получения, обработки и хранения изображений, полученных с детектора рентгеновского излучения, а также передачи их в формате DICOM в PACS-систему или на АРМ врача (АРМ врача и PACS не входят в состав комплекса).

*ПО АРМ лаборанта из состава работ по разработке комплекса*

Рабочая станция АРМ лаборанта должна обладать следующими техническими характеристиками:

- тактовая частота процессора не менее 1 ГГц;
- объем оперативной памяти не менее 4 Гб;
- объем жесткого диска не менее 0,1 Тб;
- размер диагонали сенсорного дисплея не менее 25 см;
- разрешение монитора сенсорного дисплея не менее 1200×800 пикселей.

Система визуализации рентгеновских изображений должна обладать следующими техническими характеристиками:

- габариты детектора рентгеновского излучения не более 470×380×20 мм;
- масса детектора рентгеновского излучения не более 4 кг;
- нормированная доза на входе детектора при контрастной чувствительности 1,5 % не более 10,52 мкГр;
- пространственное разрешение детектора не менее: вертикаль/горизонталь – 3 пар линий/мм; диагональ – 3,5 пар линий/мм;
- отношение сигнал/шум при нормированной дозе не менее 24 дБ;
- динамический диапазон детектора не менее 400;
- для передачи рентгеновского изображения на АРМ лаборанта системы визуализации;
- размер рабочего поля детектора не менее 420×340;
- значение функции передачи модуляции детектора не менее 0,6 при пространственной частоте 0,5 мм<sup>-1</sup>, не менее 0,4 при пространственной частоте 1,0 мм<sup>-1</sup>;
- значение DQE детектора не менее 0,2 при пространственной частоте 0,5 мм<sup>-1</sup>, не менее 0,15 при пространственной частоте 1,0 мм<sup>-1</sup>, не менее 0,1 при пространственной частоте 1,5 мм<sup>-1</sup>, не менее 0,05 при пространственной частоте 2,0 мм<sup>-1</sup>, не менее 0,02 при пространственной частоте 2,5 мм<sup>-1</sup>;
- время считывания передачи данных с детектора на рабочую станцию после окончания экспозиции не более 3 с;
- канал связи детектора с рабочей станцией – беспроводной, Wi-Fi;
- питание детектора от сменного блока аккумуляторов.

### *Перечень технических требований к многофункциональному штативу (МШ)*

- МШ предназначен для перевозки и позиционирования моноблока ИРИ, а также детектора рентгеновского излучения и СВР;
- для обеспечения высокой проходимости, позволяющей преодолевать межлифтовые пространства и пороги, в конструкции МШ должны быть предусмотрены колеса соответствующего размера;
- для обеспечения возможности позиционирования, в том числе над кроватями пациентов, операционными столами и т. д., должна быть обеспечена низкая передняя база МШ;
- с целью облегчения работы лаборанта при съемке с помощью МШ, для позиционирования моноблока ИРИ, в составе МШ должен быть предусмотрен механизм подъема на основе газовой пружины или аналогичного приспособления;
- в случае использования специального механизма на основе газовой пружины конструкцией МШ должно быть обеспечено три плоскости вращения моноблока ИРИ;
- конструкция МШ крепления моноблока ИРИ должна позволять оперативно (силами рентгенолаборанта) снять моноблок ИРИ со штатива с целью выполнения рентгеновской съемки вручную – без использования штатива;
- при съемке пациента, находящегося в кювезе, в составе МШ должно быть предусмотрено специальное малогабаритное штативное устройство, входящее в комплект неонатального приспособления.

Многофункциональный штатив должен состоять из:

- передвижного основания с низкой колесной базой, обеспечивающего позиционирование источника рентгеновского излучения над кюветой;
- отсеков для хранения цифрового плоскопанельного детектора рентгеновского излучения, источников питания и другой электроники, зарядной станции;
- места для установки рабочей станции;
- сдвоенной кнопки для включения режимов подготовки и включения высокого напряжения.

Многофункциональный штатив должен обладать следующими техническими характеристиками:

- габаритные размеры штатива (в положении для транспортировки) не более: высота 1800 мм, ширина 800 мм, длина 1600 мм;
- максимальный вес штатива не более 200 кг;
- минимальное расстояние от фокусного пятна рентгеновской трубки до пола не менее 1050 мм;
- угол поворота источника рентгеновского излучения в вертикальной плоскости не менее  $\pm 85$  градусов;
- угол поворота источника рентгеновского излучения в горизонтальной плоскости не менее  $\pm 85$  градусов;
- усилие торможения при помощи стояночного тормоза 150 Н;
- усилие перемещения штатива по горизонтальной плоскости 12 Н.

## КОНУСНО-ЛУЧЕВЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТОМОГРАФЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПОРНО- ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) уже много лет широко применяется в диагностике заболеваний и повреждений челюстно-лицевой области, лор-органов, однако благодаря своим преимуществам данная методика также представляет интерес в обследовании пациентов с изменениями костно-суставной системы. В связи с этим в последнее время многие ученые занимались разработкой специализированных КЛКТ-аппаратов для исследования конечностей, которые в том числе позволяли бы проводить исследования с нагрузкой в вертикальном положении пациента.

Отличительной особенностью КЛКТ-томографов является использование двухкоординатных детекторов большой площади, а рентгеновское излучение имеет вид конуса с большим углом раствора при его вершине (широкорасходящийся пучок рентгеновского излучения). В совокупности это позволяет получать трехмерное изображение с высоким пространственным разрешением за один оборот излучателя и детектора и без перемещения объекта диагностики сквозь гентри томографа по сравнению с многосрезовой компьютерной томографией (МСКТ).

Можно выделить следующие основные требования, предъявляемые к специализированным КЛКТ-аппаратам для исследования конечностей:

1. Большое поле сканирования.
2. Высокое пространственное разрешение.
3. Компактность, малые габариты (относительно МСКТ).
4. Низкая лучевая нагрузка.

5. Отсутствие/минимизация влияния артефактов.
6. Возможность проведения исследования с нагрузкой в вертикальном положении.
7. Низкое время сканирования.

Развитие технологий с увеличением поля сканирования позволило расширить области клинического применения КЛКТ, в том числе в визуализации патологических изменений конечностей. В случае обследования пациентов с заболеваниями и повреждениями костно-суставной системы интересующая врача зона должна быть полностью охвачена во время исследования, тем самым аппараты с большим полем сканирования обладают преимуществом перед другими. Однако чем больше поле сканирования, тем выше лучевая нагрузка на пациента. В связи с этим в большинстве аппаратов должна быть возможность выбора размера поля сканирования в зависимости от области исследования.

Физико-технические параметры у КЛКТ-аппаратов должны быть представлены в широком диапазоне с возможностью их варьирования для проведения исследования разных анатомических областей, как у взрослых, так и у детей, с сохранением высокого пространственного разрешения и низкой лучевой нагрузки. Высокое пространственное разрешение достигается в первую очередь за счет низкого размера вокселя (менее 0,4 мм): чем он ниже, тем выше пространственное разрешение. Однако в данном случае имеется обратная пропорциональная связь с величиной лучевой нагрузки. В связи с этим должна быть возможность выбора различных величин вокселя в зависимости от задачи диагностического исследования.

Одним из ограничений КЛКТ-аппаратов можно считать относительно длительное время сканирования (около 20 секунд), что может приводить к двигательным артефактам. В связи с этим целесообразны проведение иммобилизации конечности во вре-

мя исследования, разработка специализированных иммобилизующих устройств и программного обеспечения для снижения влияния артефактов на изображение. Особенно важно применение таких устройств при обследовании детей. Иммобилизующие устройства должны соответствовать критериям безопасности как для обследуемого, так и для медицинского персонала, а также надежно фиксировать пациента на время сканирования.

Отличительной особенностью специализированных КЛКТ-аппаратов для костно-суставной системы и одновременно их преимуществом является возможность проведения исследования в положении стоя с вертикальной нагрузкой, что позволяет более достоверно оценить взаимоотношение анатомических структур, в первую очередь мелких костей стопы, в момент физиологической нагрузки. Это принципиально важно для ортопедов в планировании и оценке эффективности результатов лечения у таких пациентов.

КЛКТ-аппараты должны иметь малые габариты, отличаться компактностью и мобильностью, в связи с чем эксплуатация их возможна в помещениях меньшей площади по сравнению с МСКТ.

В таблице № 4 приведены основные физико-технические параметры КЛКТ-аппаратов, представленных на рынках Российской Федерации и Европы, на которых возможно проведение исследования конечностей.

Таблица 4

## Физико-технические параметры КЛКТ-аппаратов для исследования конечностей

Характеристика	InReach (CurveBeam)	LineUp (CurveBeam)	NewTom 5G (QR, s.r.l.)	NewTom 5G xL (QR, s.r.l.)	OnSight 3D Extremity System (Carestream)	RedCAT (CurveBeam)	Phion 1.0 (NFR)	Verity (Planned)
Размеры, см	154×58×91	127×159×125	230/360 (с креслом/столом) ×175×178	360×175×178	152,4×183×Н/д	119,4×149,9 ×121,9	115×88,5 ×143,3 / 173,3 (без/с монитором)	76×184×160 350
Масса, кг	136	340	660	660	Н/д	181,8	275	
Диаметр гентри, см	20×25	30,96	58	58,5	40	30	41	40
Тип детектора	Плоскопанельный из аморфного кремния	Плоскопанельный из аморфного кремния	Плоскопанельный из аморфного кремния	Плоскопанельный из аморфного кремния	Плоскопанельный из аморфного кремния	Плоскопанельный из аморфного кремния	Плоскопанельный из аморфного кремния	Плоскопанельный из аморфного кремния
Поле сканирования, см	17×16	До 20×35	До 18×16	До 21×19	До 21×22	До 20×35	До 22×16	До 20×25
Серая шкала, бит	16	14	16	16	Н/д	14	Н/д	16
Размер вокселя, мм	200	300	75–300	100–300	Н/д	300, 370	200–400	127
Напряжение на трубке, кВ	100–120	60, 100, 120	60–120	60–120	Н/д	100, 120	50–130	80–96
Сила тока, мА	5	5	1–18,3	1–18,3	Н/д	5	4–10	2,4–12



Размер фокусного пятна, мм	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	Н/д	0,6
Угол ротации, град.	360	360	360	360	360	360	270	360	360	360	270
Положение пациента	стоя / сидя / лежа	стоя / сидя	сидя / лежа	сидя / лежа	сидя / лежа	стоя / сидя / лежа	стоя / сидя / лежа	стоя / сидя	сидя / лежа	сидя / лежа	стоя / сидя / лежа
Время экспозиции, с.	5,9	1,3–6	3,6–6,7	0,9–9	Н/д	Н/д	Н/д	10	7,2	7,2	4,5–18
Время сканирования, с.	24	0,15–21	18–36	18–36	18–36	20–25	Н/д	16–32	14,4	14,4	18
Время реконструкции, с.	до 300	до 180	Менее 60	Менее 60	Менее 60	Н/д	Н/д	до 180	до 163	до 163	30–120
Количество изображений за сканирование	480	480 / 720	360 / 480	360 / 480	360 / 480	Н/д	Н/д	360	360	360	300–600
Установленное ПО	Собственного производства	Собственного производства	NNT	NNT	NNT	Н/д	Н/д	Собственного производства	Н/д	Н/д	Planmex Romexis® 3D Med
Страна – производитель	США	США	Италия	Италия	Италия	США	США	США	США	Южная Корея	Финляндия
Возможность исследования с аксиальной нагрузкой	–	+	–	–	–	+	+	+	–	–	+

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленном учебно-методическом пособии сформулированы медико-технические требования к маммографам, медицинским мониторам, рентгеновскому оборудованию, применяемому в педиатрии, а также для конусно-лучевых компьютерных томографов для исследования конечностей.

Учебно-методическое пособие «Медико-технические требования к некоторым видам рентгеновского оборудования» подойдет к изучению для врачей-рентгенологов, рентгенолаборантов, клинических ординаторов и курсантов, обучающихся по специальности «рентгенология». Также для врачей других специальностей, наиболее широко использующих результаты рентгенологического исследования в клинической практике, так как очень важно, чтобы люди, приходящие в специальность, знали физико-технические условия к рентгеновскому оборудованию с целью выполнения качественного исследования.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Балонов М.И. и др.* Научные основы радиационной защиты в современной медицине, Том 1. Лучевая диагностика. – СПб., 2019. – 320 с.
2. *Батышев Е.В., Кочкин А.О.* Обеспечение радиационной безопасности детей при рентгенодиагностике. – 2019.
3. *Васильев А.Ю., Шолохова Н.А.* Медико-технические требования к рентгеновскому оборудованию для педиатрии // Радиология – практика. – 2018. – № 2. – С. 37–42.
4. *Васильев А.Ю., Блинов Н.Н. (мл.), Егорова Е.А.* Конусно-лучевая компьютерная томография – новая технология исследования в травматологии // Медицинская визуализация. – 2012. № 4. – С. 65–68.
5. *Васильев А.Ю., Блинов Н.Н. (мл.), Егорова Е.А., Макарова Д.В., Дутова М.О.* Возможности конусно-лучевой компьютерной томографии в оценке состояния костей и суставов кисти // Радиология – практика. – 2012. – № 6. – С. 54–61.
6. *Зиматкина Т.И., Малевич Р.О., Вольф С.Б.* Медицинское облучение детей и пути его оптимизации // Новости медико-биологических наук. – Минск. № 1. – 2017. – С. – 14–16.
7. *Малевич Р.О.* Особенности радиочувствительности детей и подростков. – 2016.
8. *Мануйлова О.О., Васильев А.Ю., Павлова Т.В.* Медико-технические требования к рентгеновским маммографам различного назначения // Радиология – практика. – 2018. – № 5 (71). – С. 24–30. [*Manuylova O.O., Vasil'ev A.Yu., Pavlova T.V.* Medical and technical requirements for x-ray mammographs for various purposes // Radiology – practice. – 2018. – №. 5 (71). – P. 24–30 (in Russian)].

9. *Нечаев В.А., Васильев А.Ю.* Сравнительная характеристика физико-технических параметров конусно-лучевых компьютерных томографов для исследования конечностей // Медицинская техника. – 2019. – № 6. – С. 45–47.
10. *Павлова Т.В., Васильев А.Ю., Мануйлова О.О. Волобуева Е.А.* Влияние соблюдения правил маммографических укладок на своевременную диагностику рака молочной железы // Диагностическая и интервенционная радиология. – 2019. – № 2 (13). – С. 60–65. [*Pavlova T.V., Vasil'ev A.Yu., Manuylova O.O.* The Impact of Compliance with the Rules of Mammography Laying on the Timely Diagnosis of Breast Cancer (The Clinical Example). Diagnostic and intervention radiology. – 2019. – № 2 (13). – P. 60–65 (in Russian)]. DOI: 10.25512/DIR.2019.13.2.07
11. *Павлова Т.В., Васильев А.Ю., Мануйлова О.О.* Метод конусно-лучевой компьютерной томографии в маммологии (обзор литературы) // Радиология – практика. – 2019. – №1 (73). – С. 21–27. *Pavlova T.V., Vasil'ev A.Yu., Manuylova O.O.* Method of Cone-Beam Breast Computed Tomography (Literature Review). Radiologiya – praktika. 2019. No 1 (73). P. 21–27 (in Russian).
12. *Фомин Е.П.* и др. Результаты наблюдения за пациентами, обследованными на КТ и МСКТ в детском и подростковом возрасте // Российский электронный журнал лучевой диагностики. – 2018. – Т. 8. – № 1. – С. 137–144.
13. *Awan O., Safdar N.M., Siddiqui K.M., Moffitt R., Siegel E.L.* Detection of cervical spine fracture on computed radiography images: a monitor resolution study. Acad Radiol 2011; 18:353–358.
14. *Alzen G., Benz-Bohm G.* Radiation protection in pediatric radiology //Deutsches Ärzteblatt International. – 2011. – Т. 108. – № 24. – С. 407.

15. *Carrino J.A., Muhit A.A., Zbijewski W. et al.* Dedicated cone-beam CT system for extremity imaging // *Radiol.* – 2014. – V. 270. – № 3. – P. 816–824.
16. *Ekpo U.E., McEntee M.F.* An evaluation of performance characteristics of primary display devices. *J Digit Imaging* 2015; doi:10.1007/s10278-0159831-3.
17. *Kimpe T., Xthona A.* Quantification of detection probability of microcalcifications at increased display luminance levels. 2012; doi:10.1007/978-3-642-31271-7\_63
18. *Marchessoux C., de Paepe L., Vanovermeire O., Albani L.* Clinical evaluation of a medical high dynamic range display. *Med Phys* 2016; 43:4023–4031.
19. *Posadzy M., Desimpel J., Vanhoenacker F.* Cone beam CT of the musculoskeletal system: clinical applications // *Insights Imag.* – 2018. – V. 9. № 1. – P. 35–45.
20. *Pugmire B.S., Shailam R., Sagar P. et al.* Initial Clinical Experience with extremity cone-beam CT of the foot and ankle in pediatric patients // *AJR Am. J. Roentgenol.* – 2016. – V. 206. – № 2. – P. 431–435.
21. *Suleiman O.H.* Radiation doses in pediatric radiology: influence of regulations and standards // *Pediatric radiology.* – 2004. – T. 34. – № 3. – C. S242-S246.
22. *Sidhu M. et al.* Radiation safety in pediatric interventional radiology // *Techniques in vascular and interventional radiology.* – 2010. – T. 13. – №. 3. – C. 158–166.
23. *Venkatesh E., Elluru S.V.* Cone beam computed tomography: basics and applications in dentistry // *J. Istanb. Univ. Fac. Dent.* – 2017. – V. 51. – № 3. – P. S102–S121.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

**1. Первоначально конусно-лучевые компьютерные томографы были разработаны для исследования патологии:**

- А. Легких.
- Б. Молочных желез.
- В. Челюстной-лицевой области.

**2. Отличительной особенностью конусно-лучевого компьютерного томографа является:**

- А. Пучок рентгеновского излучения имеет веерообразный вид.
- Б. Пучок рентгеновского излучения имеет вид конуса.
- В. Пучок рентгеновского излучения имеет линейный вид.

**3. В чем состоит одно из основных преимуществ специализированных КЛКТ-аппаратов для исследования конечностей?**

- А. Возможность проводить исследование в положении стоя с вертикальной нагрузкой.
- Б. Большие габариты и вес аппаратов.
- В. Высокая разрешающая способность.

**4. Основными особенностями рентгенодиагностических аппаратов для исследования детей можно рассматривать следующие:**

- А. Высокая чувствительность комплекса при дозе от 1мкгр.
- Б. Высокая стабильность экспозиционных параметров.
- В. Специализированные устройства фиксации детей.

**5. При исследовании детей время экспозиции должно быть?**

- А. Максимально коротким, меньше 2 мс.
- Б. Максимально продолжительным, больше 12 мс.
- В. Не имеет значения.

**6. Для снижения уровня дозовой нагрузки на ребенка обязательно?**

А. Наличие дополнительных фильтров – 1 мм  $Al + 0,1-0,2$  мм  $Si$ .

Б. Наличие съемных растров.

В. Наличие несъемных растров.

**7. Сколько раз в год надо калибровать маммографы?**

А. Раз в 1 год.

Б. Раз в 1,5 года.

В. Раз 3 года.

**8. Какая разрешающая способность должна быть у медицинских мониторов для маммографии?**

А. 5 мегапикселей.

Б. 7 мегапикселей.

В. 3 мегапикселя.

8. А.  
7. Б.  
6. А, В.  
5. А.  
4. Все перечисленное верно.  
3. А.  
2. Б.  
1. В.  
**Правильные ответы:**

Васильев А.Ю. (ред.), Алексеева О.М., Мануйлова О.О.,  
Павлова Т.В., Шолохова Н.А., Нечаев В.А.,  
Потрахов Н.Н., Бессонов В.Б.

# **МЕДИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НЕКОТОРЫМ ВИДАМ РЕНТГЕНОВСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*Учебно-методическое пособие*

Подписано в печать 1.04.2021  
Формат 60x84/16. Гарнитура «Corporate A».  
Бумага офсетная. Заказ № 61.  
Объем 2,7 усл. п.л. Тираж 150 экз.

Отпечатано в АО «Издательство ИКАР».  
119421, г. Москва, ул. Обручева, д. 16, корп. 2, кв. 33.  
Тел.: +7(495) 978-35-99, +7(495) 777-30-39  
[www.ikar-publisher.ru](http://www.ikar-publisher.ru)