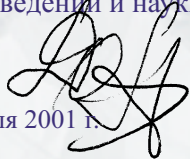


МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

СОГЛАСОВАНО

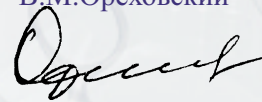
Заместитель начальника
Главного управления кадровой политики,
учебных заведений и науки Н.И. Доста



12 апреля 2001 г.

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель
министра здравоохранения
В.М.Ореховский



16 апреля 2001 г.

Регистрационный № 143-0011

**ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ
И КЛИНИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ
ЦИФРОВОЙ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
«ПУЛЬМОСКАН-760» («ПУЛЬМОСКАН-760П»)**

Минск 2001

[Перейти к оглавлению](#)

Учреждение-разработчик: НИИ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова

Учреждение-соисполнитель: НПП «Адани Интернешнл», Республика Беларусь

Авторы: д-р тех. наук, проф. В.Н. Линеv, канд. мед. наук Б.Д. Шитиков, канд. мед. наук Ю.В. Ваганов, А.И. Семеников

Рецензенты: д-р мед. наук, проф. Н.И. Крутилина, канд. мед. наук, доц. Г.В. Чиж

В предлагаемых рекомендациях представлены конструктивные особенности и возможности системы компьютерной рентгенографии «Пульмоскан-760» и изложены методики обследования с помощью этой системы больных с заболеваниями органов грудной клетки, апробированные в НИИ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова и НИИ пульмонологии и фтизиатрии.

Методические рекомендации предназначены для лучевых диагностов, онкологов, фтизиатров.

Методические рекомендации утверждены Министерством здравоохранения Республики Беларусь в качестве официального документа.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
ОСОБЕННОСТИ И НАЗНАЧЕНИЕ АППАРАТА «ПУЛЬМОСКАН»	7
ПРИНЦИП РАБОТЫ	10
Функции программного обеспечения:	17
Описание аппарата «Пульмоскан»	17
Технические характеристики аппарата «Пульмоскан»	21
Составные части «Пульмоскана»	24
Система движения рабочих элементов	26
Система регулирования зоны просвечивания	29
Система ограничения рентгеновского пучка	31
МЕТОДИКА ОБСЛЕДОВАНИЯ ПАЦИЕНТОВ	33
Методика и техника обследования органов грудной клетки	35
Обеспечение радиационной безопасности	41
Примерные временные затраты на рентгеновское обследование на аппарате «Пульмоскан»	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	45
Рекомендации по схеме установки, подводу электропитания и строительному заданию для установки «Пульмоскан»	46
Примерная схема установки аппарата «Пульмоскан» в помещении рентгеновского кабинета	47
Строительное задание на фундамент «Пульмоскана»	49
Карта радиационных полей, создаваемых при работе рентгенографического компьютерного аппарата «Пульмоскан-760» U = 100 кВ I = 2 мА	51
Выписка из протокола определения доз	52
Методика проведения испытаний	52
ВЫВОДЫ	53

ВВЕДЕНИЕ

Профилактическое направление в здравоохранении, основанное на раннем выявлении предболезненных состояний или начальных проявлений заболеваний в организме человека, остается основным в современной медицине.

Одним из общепризнанных методов массовых профилактических обследований населения с целью выявления заболеваний органов грудной клетки является флюорография. Однако этот наиболее часто используемый метод рентгеновского обследования вносит наибольший вклад в дозу облучения, которую получает население от применения медицинских лучевых диагностических методов. Тем не менее флюорография остается методом выбора, так как при сопоставлении вреда и пользы последняя явно превалирует.

Вместе с тем, стремление в послечернобыльский период любыми путями снизить влияние радиации на население привело к тому, что использование флюорографии как метода массового профилактического обследования было почти повсеместно существенно сокращено, что уже в первые годы не замедлило сказаться на росте числа больных туберкулезом и опухолями легких и средостения, выявленных в поздних, трудноизлечимых формах. Флюорография вновь была введена в число профилактических исследований широкого назначения, а ученые и специалисты во всем мире занялись проблемой обеспечения максимального снижения дозовых нагрузок на обследуемых.

Министерство здравоохранения Республики Беларусь еще в 1989 г. начало разработку низкодозной системы компьютерной рентгенографии, в которой принимали участие ученые и специалисты НИИ онкологии и медицинской радиологии, НИИ ПФП и СКБ Белгосуниверситета, НПО «Планар». Уже в 1993–1994 гг. были изготовлены и апробированы в клинике три системы компьютерной рентгенографии, функционировавшие со стационарными рентгеновскими аппаратами, которые обеспечивали 25-кратное снижение дозовой нагрузки на пациента при исследовании органов грудной клетки в сравнении со стационарными крупнокадровыми флюорографами.

Однако в ходе этих испытаний пришлось отказаться от первоначальной идеи изготовления компьютерных приставок к имеющимся в ЛПУ рентгеновским аппаратам в силу их несоизмеримости по конструктивным возможностям, происхождению, и, главным образом, по количеству лет их использования. Поэтому было решено создавать самостоятельный цифровой рентгенографический аппарат.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь в 1997 г. была принята научная программа «Доработать систему компьютерной рентгенографии и внедрить ее в лечебно-профилактических учреждениях Минздрава» (головное учреждение — НИИ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова), которая в 1999 г. завершилась созданием оригинального рентгеновского аппарата «Пульмоскан-760». Соисполнители научной программы — НПП «Адани Интернешнл» и завод «Диапроектор» — осуществляют промышленный выпуск этого современного аппарата.

В настоящее время аппарат «Пульмоскан» выпускается в двух вариантах: стационарный аппарат «Пульмоскан-760» и передвижная модель «Пульмоскан-760П», установленная в передвижном рентгенографическом компьютерном кабинете «Пульмоэкспресс», смонтированном в специальном фургоне на шасси автомобиля МАЗ (или любой другой модели с большой грузовой платформой).

ОСОБЕННОСТИ И НАЗНАЧЕНИЕ АППАРАТА «ПУЛЬМОСКАН»

С внедрением цифрового (дигитального) принципа современной рентгенологии открылись новые перспективы для значительного повышения диагностических возможностей в результате использования принципиально новых технологий, обеспечивающих непосредственное улучшение диагностики и резкое уменьшение лучевых нагрузок на пациента и медицинский персонал. Процесс исследования с помощью низкодозной сканирующей системы «Пульмоскан» существенно отличается от традиционных рентгенологических методов, что обусловлено своеобразной геометрией, местом расположения пациента по отношению к трубке и детектору, а также широкими возможностями компьютерной обработки полученного изображения.

В связи с этим возникла необходимость в более подробной характеристике возможностей и технологии использования цифровой рентгенографии.

Снижение дозы облучения пациентов при исследовании в основном достигается благодаря применению высокочувствительного детектора рентгеновского излучения и системы ограничения рентгеновского пучка.

Эти особенности технического и медицинского характера требуют изложения в настоящих методических рекомендациях ряда специальных условий, которые в равной степени распространяются как на стационарные («Пульмоскан-760»), так и передвижные («Пульмоскан-760П») модификации цифровой системы компьютерной рентгенографии.

Методические рекомендации будут полезны для всех специалистов, занимающихся организацией и оборудованием рентгеновских кабинетов, а также организующих и проводящих профилактические и диагностические исследования на аппаратах «Пульмоскан-760» и «Пульмоскан-760П».

Показания к применению

Массовое обследование населения с целью своевременного выявления туберкулеза и других патологических изменений органов грудной клетки.

Противопоказания к применению

Не подлежат профилактическим рентгенологическим исследованиям дети до 14 лет и беременные женщины.

Материально-техническое обеспечение метода

Рентгенографический компьютерный аппарат «Пульмоскан-760» и «Пульмоскан-760П», установленный в передвижном рентгенографическом компьютерном кабинете «Пульмоэкспресс», имеют:

1. ТУ РБ 14527917.040-98 (на изделие «Пульмоскан»).
2. Регистрационное удостоверение ИМТ № ИМ-0.435.
3. Удостоверение № 08-33-7.90579 о государственной гигиенической регистрации.
4. ТУ РБ 14527917.041-99 (на изделие «Пульмоэкспресс»).
5. Регистрационное удостоверение ИМТ № ИМ-7.1053.
6. Удостоверение № 08-33-7.90706 о государственной гигиенической регистрации.
7. Лицензию МЗ РБ №382-ЛТ на занятие производством, реализацией, монтажом, наладкой, техническим обслуживанием и ремонтом изделий медицинского назначения и медицинской техники.

8. Лицензию Проматомнадзора, серия СЛ, № 014814.
9. Лицензию Проматомнадзора, серия СЛ, № 014815.
10. Лицензию Проматомнадзора, серия СЛ, № 014816.

ПРИНЦИП РАБОТЫ

По мнению специалистов, из различных видов используемых в настоящее время цифровых приемников рентгеновского излучения два являются наиболее перспективными:

- плоские цифровые панели, имеющие высокую квантовую эффективность и широкий динамический диапазон при сравнимой с пленкой разрешающей способности;
- УРИ с большими рабочими полями и телевизионными системами высокого разрешения на ПЗС-матрицах.

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 детекторных панелей означает, что в полученном изображении практически исключается недоэкспонирование или переэкспонирование. 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.

Сканирующие цифровые рентгенографические комплексы, в частности «Пульмоскан», использующие приемники рентгеновского излучения на основе линейных матричных твердотельных детекторов, можно рассматривать в качестве наиболее близкого аналога (с точки зрения физических принципов преобразования сигналов) аппаратуры, использующей детекторы в виде плоских цифровых панелей. Такой подход базируется на том, что многоэлементный линейный матричный детектор измеряет распределение излучения в вертикальном направлении, а измерение в горизонтальном направлении обеспечивается механическим сканированием. Таким образом, мы получаем результат (рентгенограмму), аналогичный полноформатной панели с той лишь разницей, что полная рентгенограмма последовательно складывается из рентгенограмм столбцов за счет одновременного и равномерного перемещения во время съемки в горизонтальном направлении щелевого коллиматора (связанного с рентгеновской трубкой) и детектора излучения.

Высококочувствительным элементом в линейном матричном детекторе являются кремниевые фотодиоды, находящиеся в непосредственном оптическом контакте с люминофором (CsI(Tl)). Информация, накопленная в датчиках за время экспозиции строки (менее 20 мс), после аналого-цифрового преобразования переписывается в память детектора. Далее регистрируется следующая по горизонтали строка, а предыдущая передается в компьютер. По окончании съемки кадра в памяти компьютера накапливается цифровое изображение размером 1152×1152. Размер снимка равен 400×400 мм, а размер элемента изображения в плоскости пациента — 0,3×0,3 мм. Разрешающая способность составляет 1,0–1,4 пар линий/мм, контрастная чувствительность — не хуже 0,5–1%, динамический диапазон — более 100, эквивалентная доза облучения пациента при получении снимка грудной клетки — не более 10 мкЗв.

Пациент, обследуемый на аппарате «Пульмоскан», сканируется узким (менее 1 мм) (коллимированным) плоским веерным пучком рентгеновского излучения, который последовательно просвечивает все участки заданной зоны. Излучение, прошедшее через исследуемый участок объекта, регистрируется детектором и преобразуется в электрический сигнал, пропорциональный интенсивности излучения, падающего на детектор. Регистрация осуществляется одновременно по всей длине линейно-матричного рентгеновского преобразователя на основе специальных высокочувствительных детекторов: кремниевых фотодиодов со сцинтиллятором CsI(Tl). После интегрирования квантов рентгеновского излучения в каждом детекторе и усиления коммутирующее устройство передает сигнал через аналого-цифровой преобразователь в блок памяти. Здесь записывается сигнал, соответствующий рентгеновскому изображению части просвечиваемого объекта, т.е. формируется один столбец (строка) изображения. При перемещении системы «излучатель–детектор» производится построчное сканирование следующих участков (столбцов или строк) с одновременной записью в память компьютера двумерной матрицы, адекватной рентгеновскому изображению всего просвечиваемого объекта. Полученная после окончания сканирования рентгенограмма (теневое изображение объекта) выводится на экран компьютера.

В конструкции аппаратов серии «Пульмоскан» используется геометрическое увеличение, которое достигается путем удаления объекта от детектора и приближения к источнику (рис. 1). Коэффициент увеличения для «Пульмоскана-760» составляет 2,75, а для «Пульмоскана-760П» — 3,63. Геометрическое увеличение дает выигрыш пространственного разрешения и снижение уровня помех. Геометрическое увеличение дает лучшие результаты, чем увеличение фотографическое. Шум квантования сигнала не меняется при геометрическом увеличении, следовательно, улучшается видимость малоконтрастных объектов с нечеткими краями, тогда как при фотографическом увеличении шум квантования увеличивается на коэффициент N/m^2 , где N — количество использованных фотонов, m — увеличение. Геометрическое увеличение, таким образом, улучшает видимость мелких и слабоконтрастных деталей. Оно позволяет увеличить контрастность детали.

Геометрическое построение «Пульмоскана» схематически представлено на **рис. 1**.

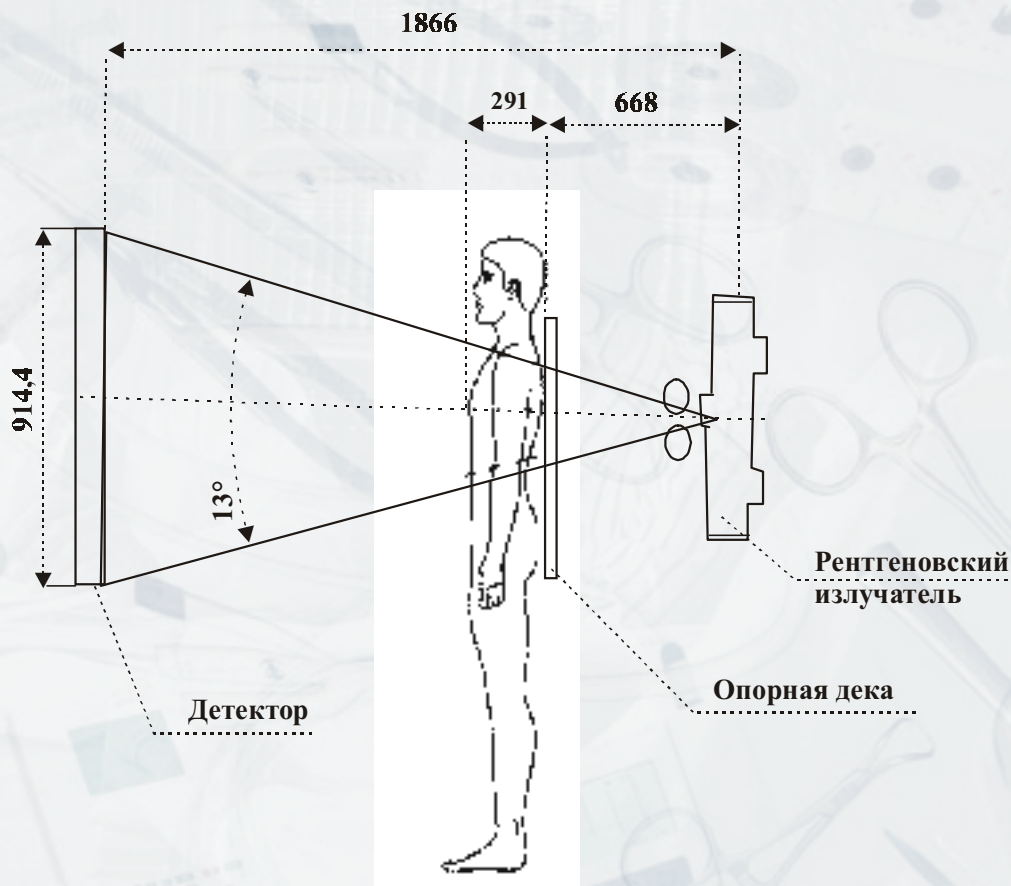


Рис. 1. Геометрическое построение аппарата «Пульмоскан-760»

При геометрическом увеличении разрешающая способность повышается одновременно с увеличением расстояния между объектом и детектором. В связи с этим еще одним преимуществом геометрического увеличения является разделение близких структур, которые налагаются друг на друга при получении изображения контактным способом. Следовательно, при рентгенологических исследованиях ближе к источнику излучения следует располагать те структуры (поверхности, срезы), которые представляют первостепенный интерес и на которых, таким образом, можно получить большее геометрическое увеличение.

Одной из основополагающих причин ухудшения качества изображения является рассеянное излучение, которое вызывает снижение контрастности. Эффективно бороться с рассеянным излучением можно путем увеличения расстояния «объект–детектор» (так называемый метод «воздушного зазора»), так как интенсивность излучения, равно как и интенсивность света, уменьшается в обратной пропорции к квадрату расстояния. Другим способом снижения негативного влияния рассеянного излучения является уменьшение, насколько это возможно, размера изучаемого участка. Таким образом, необходимо использовать коллимацию излучения, т.е. узкую диафрагму, что и реализовано в конструкции «Пульмоскана», где ширина щели коллиматора составляет 1 мм.

Низкое напряжение также уменьшает рассеяние, но это противоречит основному принципу защиты от излучения, так как увеличивает дозу на пациента. С другой стороны, повышение напряжения увеличивает энергию фотонов, улучшается проникающая способность потока излучения (что уменьшает дозу), но контрастность снижается.

Для понимания процесса формирования рентгеновского изображения без учета рассеивания достаточно было бы законов геометрической оптики, подобно тому, как предметы между источником света и экраном вызывают появление теней. Размер оптического источника является главенствующим для качества изображения. Геометрический размыв изображения повышается с увеличением размера источника. Поэтому в аппарате «Пульмоскан» используются острофокусные рентгеновские трубки с размером фокуса 0,3 мм. Реальный размер источника увеличивается с усилением тока и слегка уменьшается с повышением напряжения.

Следует обратить внимание рентгенологов на весьма незначительный кинетический размыв, который обычно возрастает с увеличением времени экспозиции. В сканирующих системах «Пульмоскан» не следует путать время сканирования, составляющее 4 с и 8 с, и время экспозиции, которое составляет 0,02 с для времени сканирования 4 с и 0,04 с для времени сканирования 8 с.

Технология обследования

Рентгеновское изображение пациента формируется на мониторе рабочей станции рентгенолаборанта сразу после окончания съемки. Рентгенолаборант может проверить правильность позиционирования пациента, убедиться в качестве полученного изображения и, при необходимости, выполнить дополнительный снимок (в прямой или боковой проекции). Изображение с данными пациента передается по сети на рабочую станцию врача-рентгенолога для диагностики.

Функции программного обеспечения:

- формирование рентгеновских изображений;
- ведение базы данных всех обследованных с возможностью сравнения всех последующих данных с предыдущими для каждого пациента;
- одновременный просмотр до 6 изображений на мониторе;
- возможность работы с выделенным фрагментом изображения;
- изменение контраста/яркости + гамма-коррекция;
- позитивная/негативная инверсия;
- математическая обработка изображения;
- масштабирование, использование лупы;
- зеркальное отображение;
- составление аннотации к снимкам;
- архивирование и хранение снимков на MO-дисках;
- экспорт изображений в международный стандарт DICOM;
- вывод изображений на печать;
- измерение геометрических размеров.

Описание аппарата «Пульмоскан»

Внешний вид стационарной («Пульмоскан-760») и передвижной («Пульмоскан-760П») моделей аппарата представлен на рис. 2а и 2б соответственно.

1. Показатели надежности:

- среднее время восстановления работоспособности «Пульмоскана» — 24 ч;
- средняя наработка на отказ — не менее 12 500 циклов.

2. «Пульмоскан» может функционировать при:

- температуре окружающего воздуха от +10 до +35° С;
- относительной влажности воздуха от 45 до 80%;
- атмосферном давлении 840–1066 ГПа (630–800 мм рт. ст.).

3. Нормальные (оптимальные) климатические условия для эксплуатации:

- температура окружающего воздуха от +15 до +30° С;
- относительная влажность воздуха от 45 до 80%;
- атмосферное давление 840–1066 ГПа (630–800 мм рт. ст.).

Заданные показатели надежности гарантируются при эксплуатации «Пульмоскана» в нормальных климатических условиях.

После хранения и транспортирования аппарата «Пульмоскан» при температуре ниже +10° С его необходимо выдержать не менее 2 ч до начала работы в помещении с нормальной температурой, затем включить в сеть и, как обычно, прогреть не менее 30 мин, после чего можно приступить к обследованию пациентов.

При эксплуатации аппарата в условиях, отличных от нормальных (пп. 2 и 3), изготовитель не несет ответственности за показатели его надежности.

a)

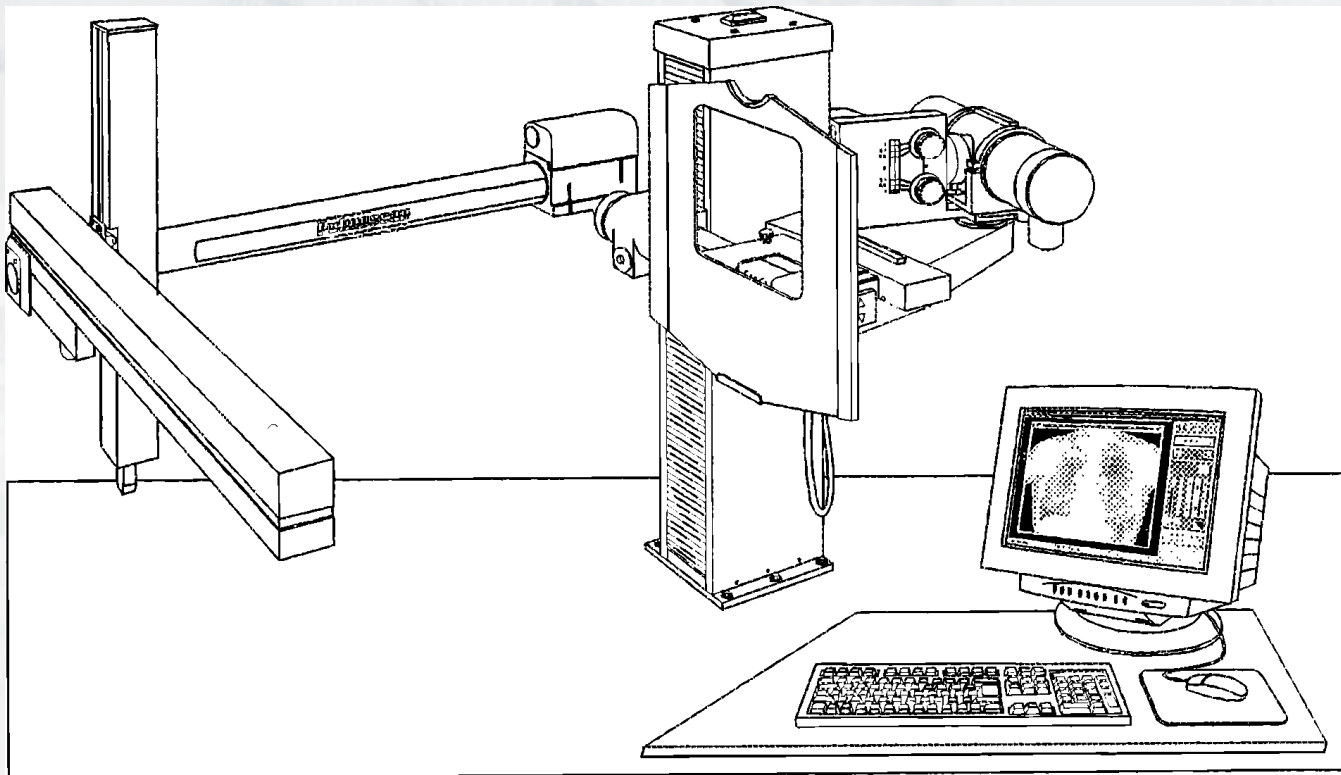


Рис. 2. Внешний вид аппарата «Пульмоскан»:
а — стационарная модель «Пульмоскан-760»

б)

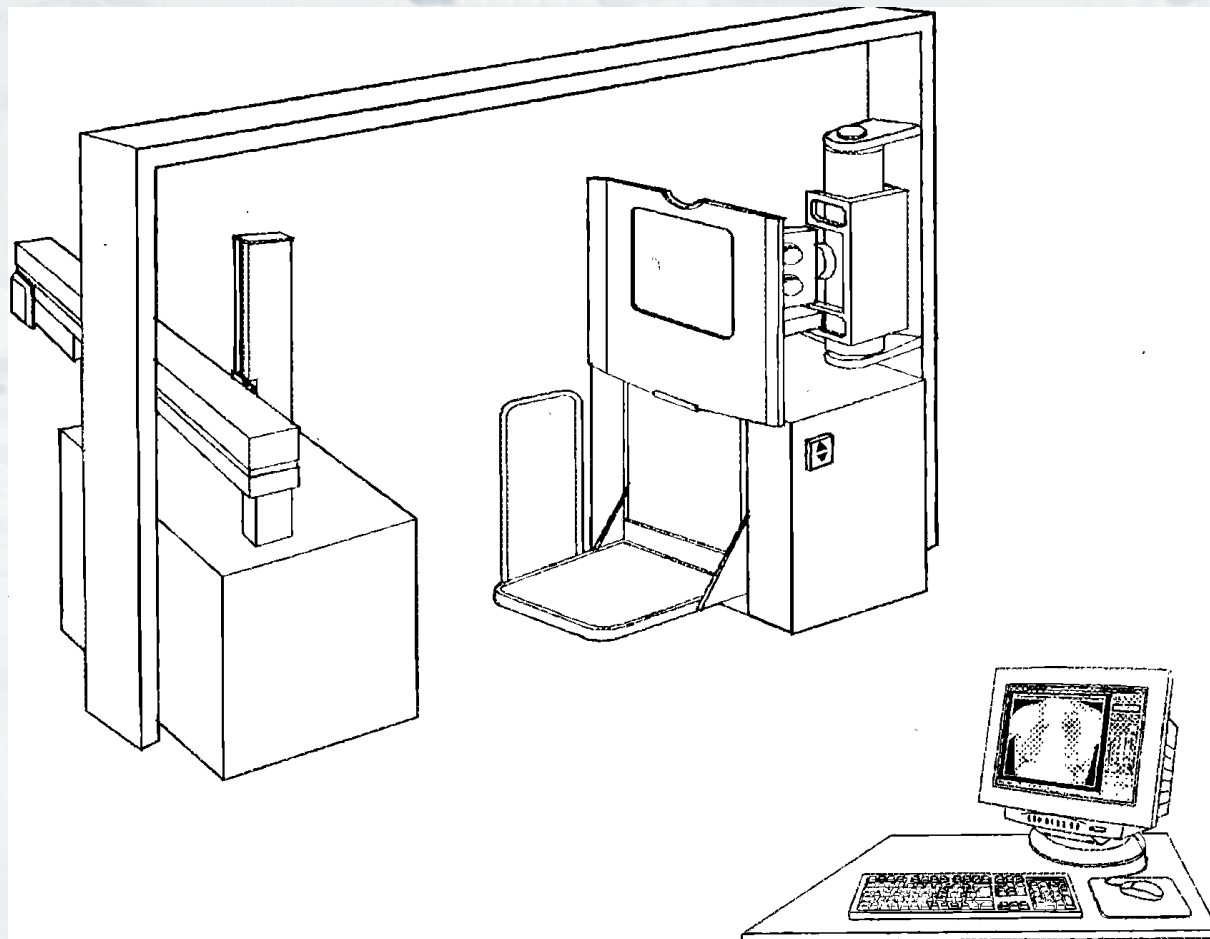


Рис. 2. Внешний вид аппарата «Пульмоскан»:
б — передвижная модель «Пульмоскан-760»

Технические характеристики аппарата «Пульмоскан»

Габаритные размеры аппарата «Пульмоскан» показаны на **рис. 3**.

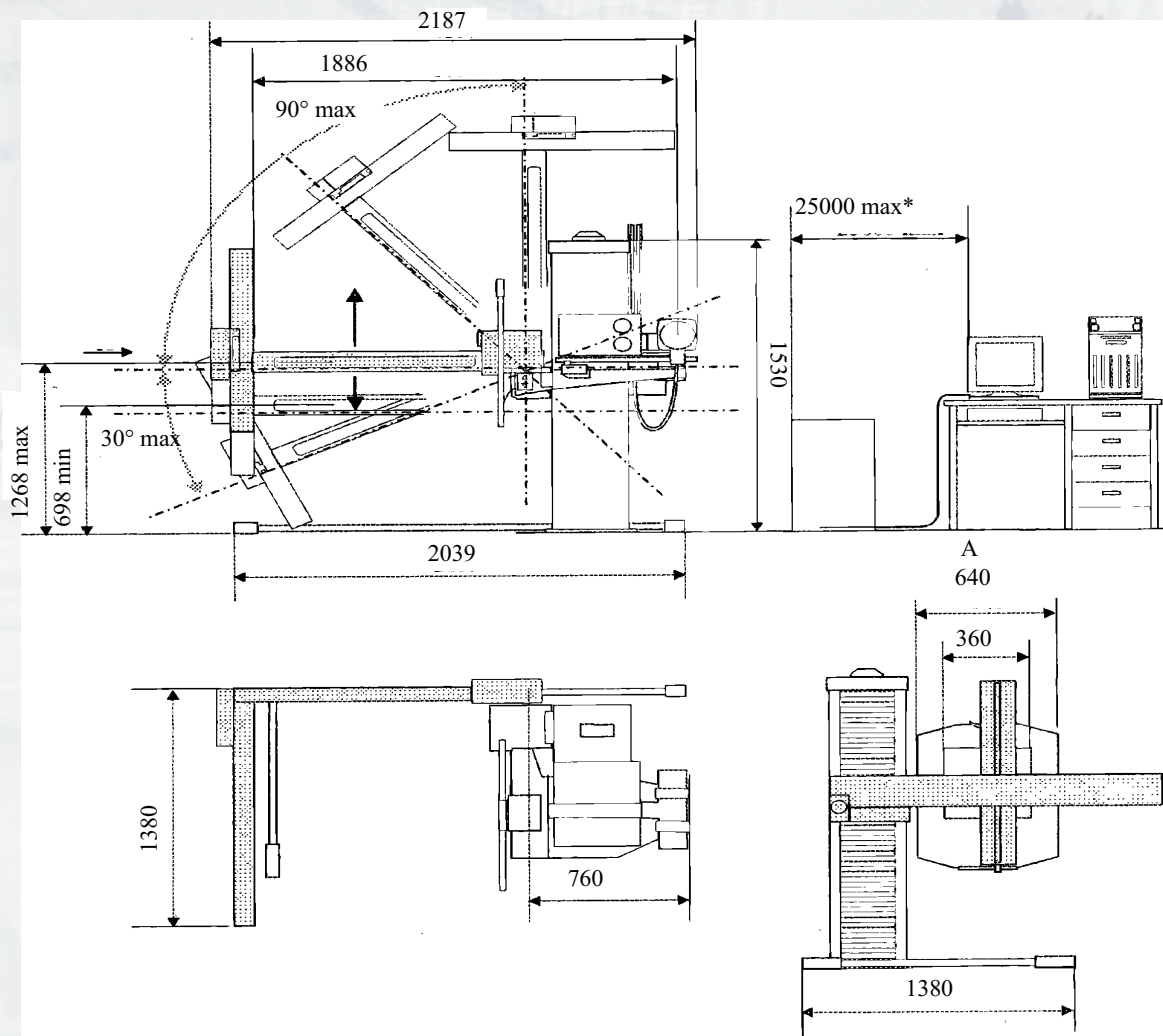


Рис. 3. Габаритные размеры аппарата «Пульмоскан»

Размер входного поля просвечивания — не менее 350×350 мм.

Время записи одного изображения полного формата для большинства обследуемых — не более 4 с.

Время записи одного изображения полного формата в режиме повышенной четкости изображения — не более 8 с.

Длительность аппаратного перерыва между снимками определяется характеристиками рентгеновской трубки, установленной на аппарате, и никогда не превышает времени, необходимого для ухода обследованного и размещения за аппаратом очередного обследуемого.

Пространственное разрешение изображения, приведенное к исследуемому объекту (с учетом проекционного увеличения изображения), — не хуже одной пары линий на 1 мм.

Число градаций яркости, выводимых на экран полутонового дисплея, — не менее 256.

Пороговый контраст изображения не превышает 1%.

Питание «Пульмоскана» осуществляется от однофазной или трехфазной электрической сети общего назначения с номинальным напряжением $220/380 \pm 22/38$ В и частотой 50 ± 1 Гц.

Потребляемая мощность (кратковременно) не превышает 4,0 кВ·А.

Масса «Пульмоскана» – не более 600 кг.

Составные части «Пульмоскана»

Как схематически показано на **рис. 4**, «Пульмоскан» включает в себя рентгеновское штативное устройство с многоэлементным линейным детектором, стойку управления с высокочастотным рентгеновским питающим устройством, блок управления рентгеновским излучением и компьютерную станцию.

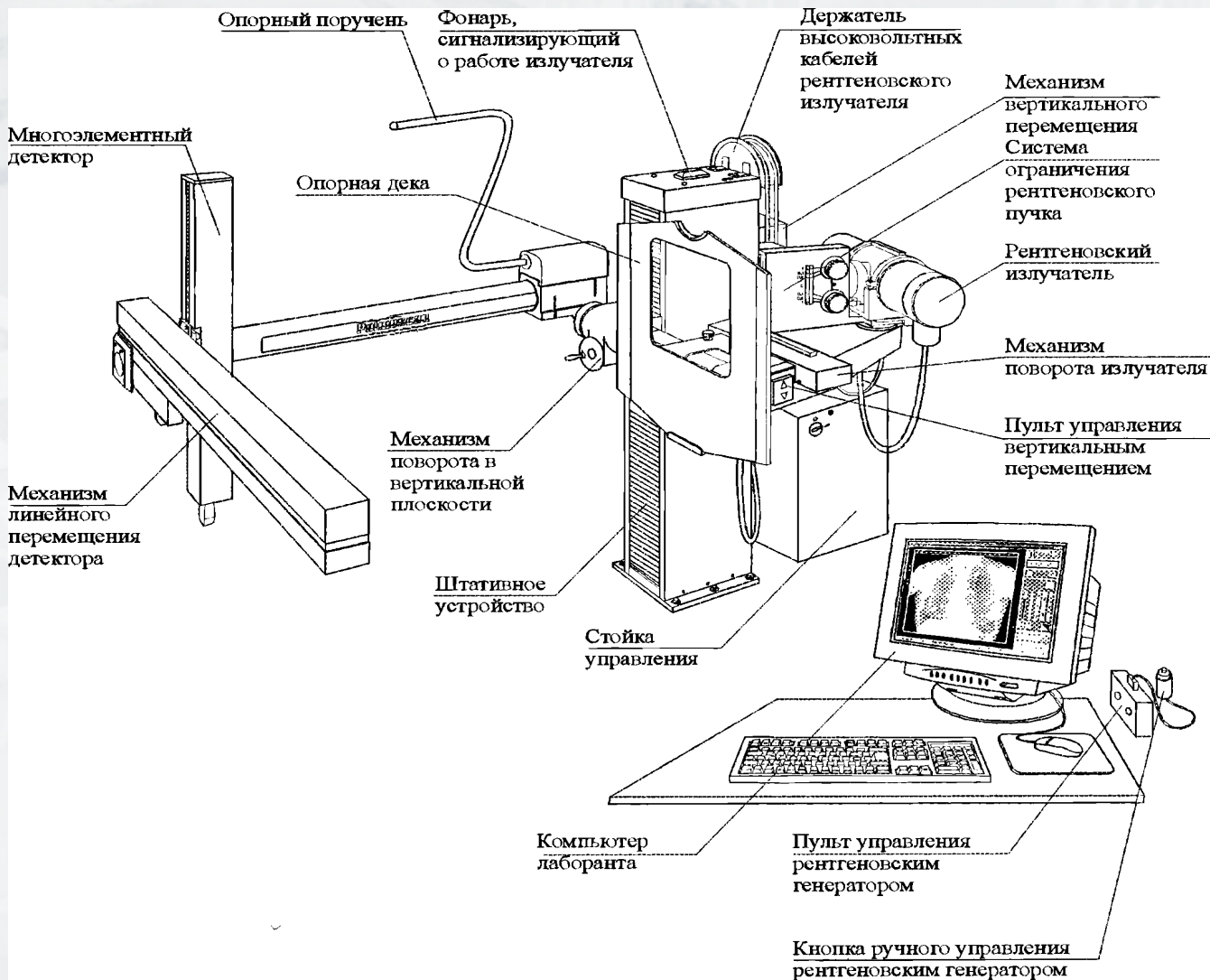


Рис. 4. Составные части аппарата «Пульмоскан»

Рентгеновское штативное устройство включает:

- рентгеновский излучатель,
- механизм линейного перемещения детектора,
- многоэлементный линейный детектор,
- опорную деку (отдалитель),
- механизм поворота в вертикальной плоскости;
- фонарь, сигнализирующий о работе излучателя,
- держатель высоковольтных кабелей рентгеновского излучателя,
- механизм вертикального перемещения,
- систему ограничения рентгеновского пучка,
- механизм поворота излучателя,
- пульт управления вертикальным перемещением.

Стойка управления включает:

- блок сопряжения,
- высокочастотное рентгеновское питающее устройство.

Блок управления рентгеновским излучением включает:

- пульт управления рентгеновским генератором,
- кнопку ручного управления рентгеновским генератором.

Компьютерная станция включает:

- компьютер лаборанта,
- компьютер врача,
- принтер.

Система движения рабочих элементов

К рабочим элементам «Пульмоскана» относятся (рис. 5):

Технико-эксплуатационные возможности и клиническое применение диагностической цифровой...

- многоэлементный детектор;
- рентгеновский излучатель.

Для их синхронного перемещения служат механизмы поворота рентгеновского излучателя и перемещения детектора.

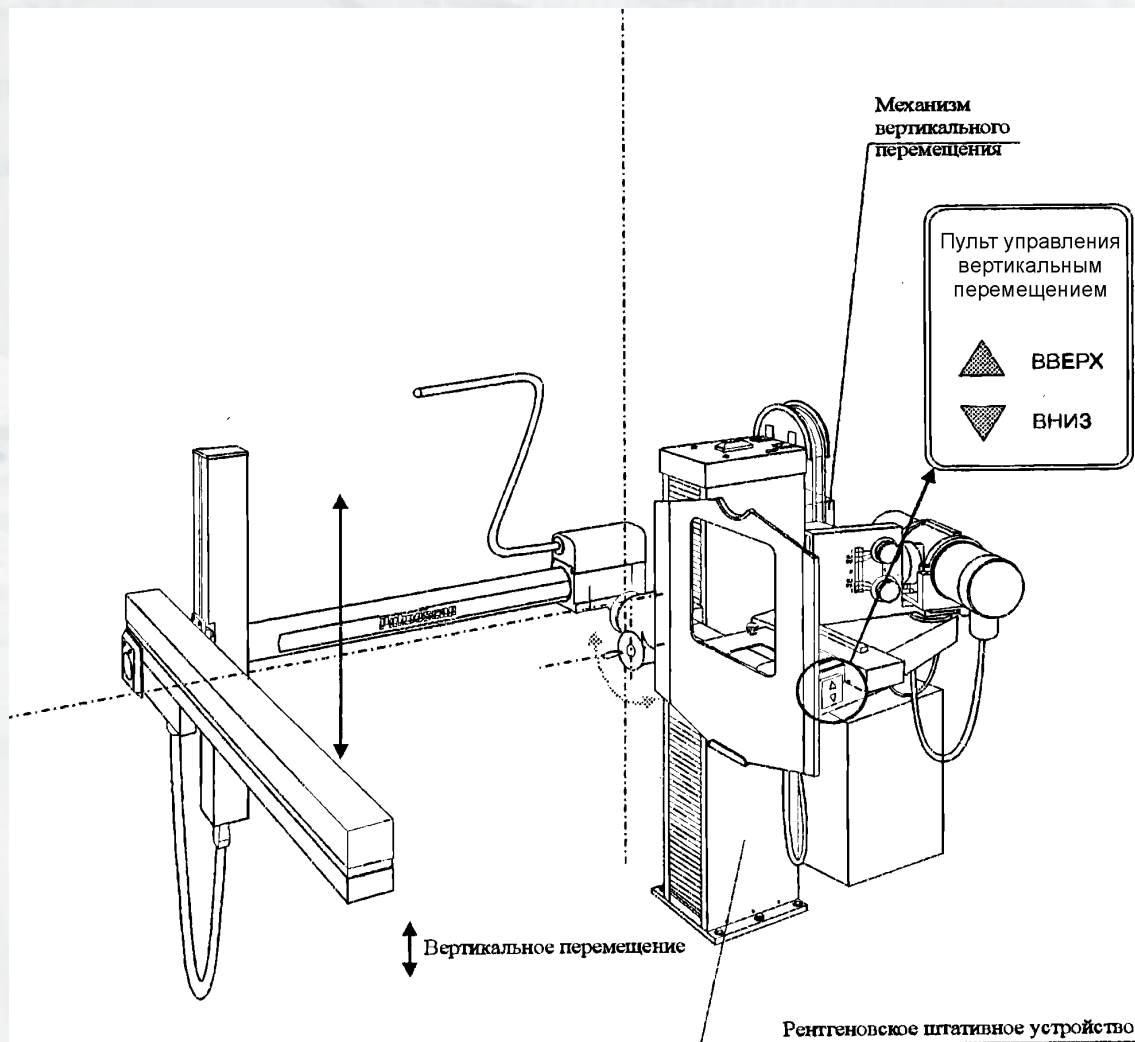


Рис. 5. Рабочие элементы аппарата «Пульмоскан»

При помощи системы движения рабочих органов «Пульмоскана» производится построчное сканирование обследуемой области тела пациента с одновременной записью в память компьютера значений интенсивности излучения, прошедшего сквозь объект просвечивания.

Система регулирования зоны просвечивания

Для этих целей штативное устройство снабжено (рис. 6):

- управляемым от пульта механизмом вертикального перемещения излучателя и регистрирующей системы (детектора) для настройки под рост пациента;
- механизмом синхронного движения детектора и излучателя в горизонтальной плоскости.

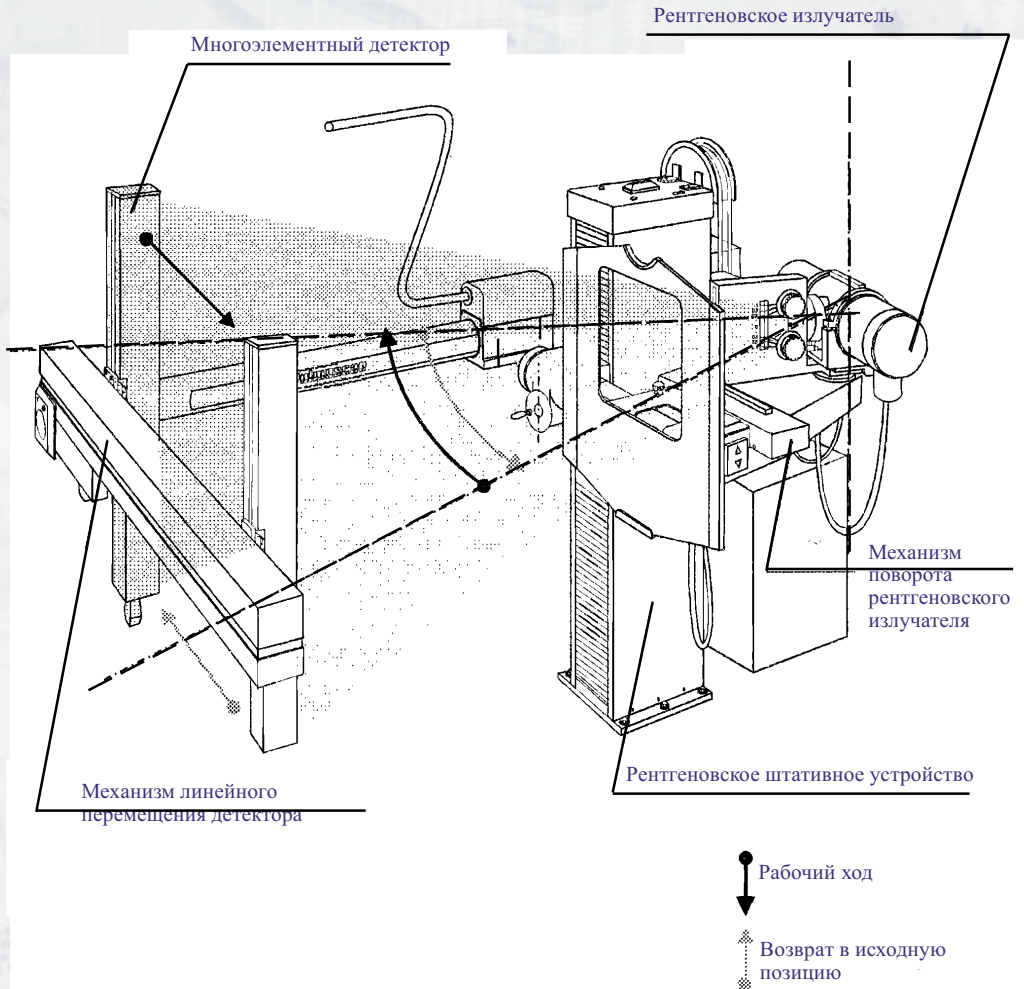


Рис. 6. Система регулирования зоны просвечивания аппарата «Пульмоскан»

Система ограничения рентгеновского пучка

Система ограничения рентгеновского пучка (рис. 7), расположенная на штативном устройстве «Пулмоскана», состоит из вертикального щелевого коллиматора и двух шторок с фиксированными углами поворота, используемыми для коллимации пучка излучения в зависимости от вертикального размера объекта исследования.

Поворот шторок независимо друг от друга осуществляется с помощью ручек с фиксированными углами поворота, что позволяет ограничить до половины площади зоны просвечивания в пределах 0%, 50%, 75% и 100% при частично или полностью открытой шторке.

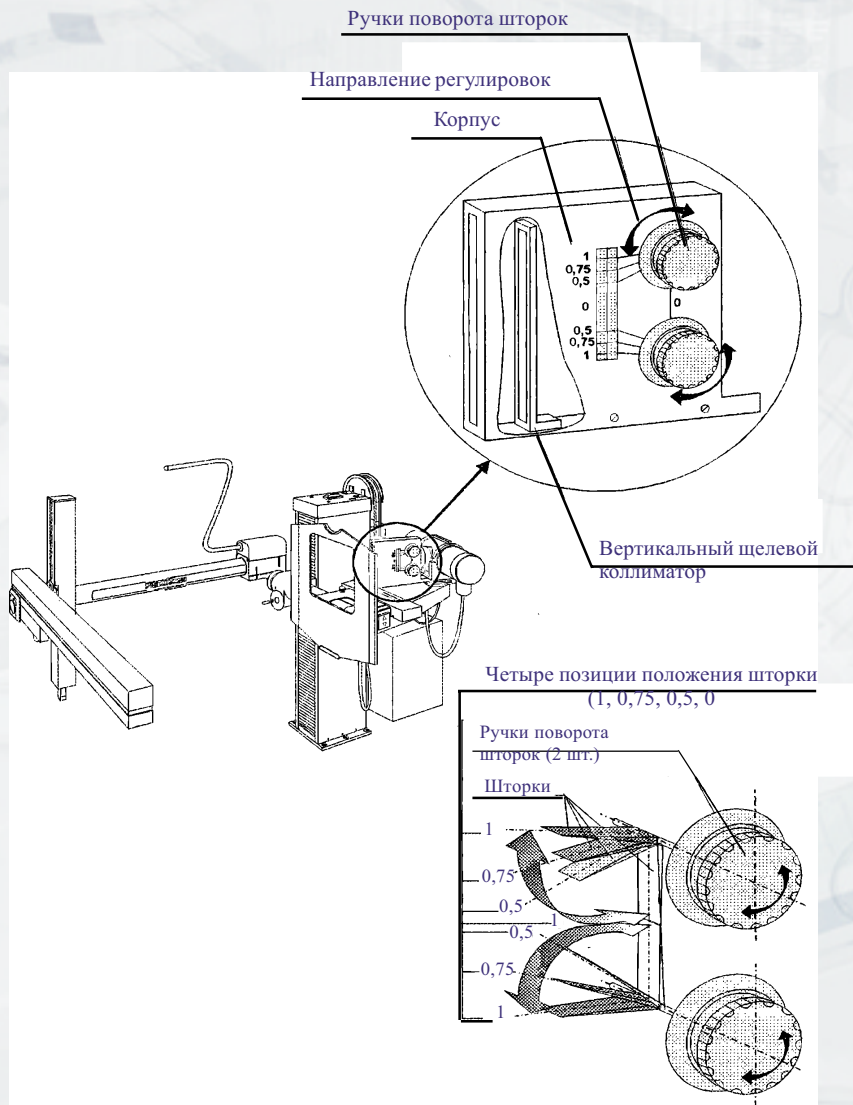


Рис. 7. Система ограничения рентгеновского пучка аппарата «Пульмоскан»

МЕТОДИКА ОБСЛЕДОВАНИЯ ПАЦИЕНТОВ

Перед началом рабочего дня рекомендуется включить «Пульмоскан» в соответствии с Техническим описанием и инструкцией по эксплуатации и прогреть его в течение 30 мин.

После этого следует провести тренировку рентгеновского генератора в соответствии с Инструкцией для лаборанта по работе с управляющей программой (далее Инструкция для лаборанта) и проверку качества изображения с помощью прилагаемого тест-объекта.

Перед выполнением снимка необходимо ввести данные о пациенте в карточку регистрации пациента в диалоговом режиме с клавиатуры компьютера. Заполненная карточка регистрации пациента автоматически заносится в журнал регистрации и служит для хранения и систематизации изображений, полученных на «Пульмоскане» (см. подробнее в Инструкции для лаборанта).

Перед выбором физико-технического режима медицинский персонал должен прежде всего выделить зону исследования (см. подробнее в Инструкции для лаборанта). Для этого следует произвести:

- регулирование высоты центра пучка рентгеновского излучения относительно высоты центра грудной клетки пациента; верхняя граница поля облучения должна быть на уровне его ключицы;
- ограничение рентгеновского пучка с помощью вертикального щелевого коллиматора и поворотных шторок.

Далее индивидуально определяется режим работы рентгеновского излучателя в зависимости от целей обследования, физиологических особенностей строения тела и возраста пациента.

Для автоматического выбора режимов съемки, напряжения (кВ) и анодного тока (мА) программное обеспечение аппарата «Пульмоскан» (см. Инструкцию для лаборанта) предлагает выбрать в зависимости от физиологических особенностей и комплекции пациента одну из трех пиктограмм:

- худой,
- нормальный,
- полный.

Форма, размеры, интенсивность, структура, контуры патологических образований органов грудной клетки хорошо определяются аппаратом «Пульмоскан» за время экспозиции 4 с (при этом обеспечивается пространственная разрешающая способность в 1 пару линий на 1 мм). Именно это время экспозиции рекомендуется для проведения профилактических обследований населения, а также периодических обследований пациентов, относящихся к группе риска.

Как правило, тяжелые больные (онкологические, туберкулезные и др.), пациенты пожилого возраста, ургентные больные чаще всего требуют более длительного и всестороннего обследования. В таких случаях можно использовать режим повышенной четкости изображения со временем экспозиции 8 с.

Далее следует заполнить с клавиатуры компьютера в соответствии с Инструкцией для лаборанта карточку регистрации пациента и указать требуемую проекцию органов.

После размещения пациента возле опорной деки «Пульмоскана» следует нажать кнопку «СНИМОК».

Для включения рентгеновского излучения следует воспользоваться специальным пультом. При нажатии кнопки пульта до половины хода происходит подготовка рентгеновского генератора к снимку. На экране монитора появляется запись установленных режимов съемки.

Затем следует предложить пациенту не двигаться, задержать дыхание или дышать неглубоко, после чего нажать кнопку на пульте, включающую рентгеновское излучение. При этом на экране дисплея появится красная надпись на желтом фоне «РЕНТГЕН», включится сигнальная лампочка на штативном устройстве и сработает счетчик числа включений. Кнопку необходимо держать нажатой все время сканирования (4 или 8 с).

Пациент должен находиться в поле зрения лаборанта. При возникновении нештатных ситуаций кнопку нужно отпустить. При этом рентгеновское излучение выключится, но движение сканирующей системы будет продолжаться.

После окончания сканирования излучатель выключается и надпись «РЕНТГЕН» исчезает. Кнопку пульта следует отпустить. Сканирующая часть системы возвращается в исходное положение, а на экране дисплея высвечивается полученное рентгеновское изображение. Врач-рентгенолог может изучить и описать его сразу же или в любое удобное для него время, запросив данные в архиве компьютера (см. Инструкцию для врача по работе с программой для просмотра рентгеновских снимков).

Методика и техника обследования органов грудной клетки

Специальной подготовки к рентгенографии органов грудной полости, как правило, не требуется. Следует лишь оголить грудную клетку, но можно осуществлять съемку и в натальном белье. Необходимо проследить, чтобы в зоне исследования не было цепочек, пуговиц и других плотных предметов. У женщин такой помехой может быть даже густая прядь волос.

Рентгенографию выполняют на небольшом вдохе, задерживая дыхание, или при неглубоком дыхании.

Показанием к рентгенографии может служить подозрение на любое заболевание или повреждение органов грудной клетки, а также плановый профилактический осмотр.

Обычно снимок выполняют в положении стоя. Пациент плотно прижимается грудью к опорной деке (отдалителю), слегка нагнувшись вперед, как показано на **рис. 8**.

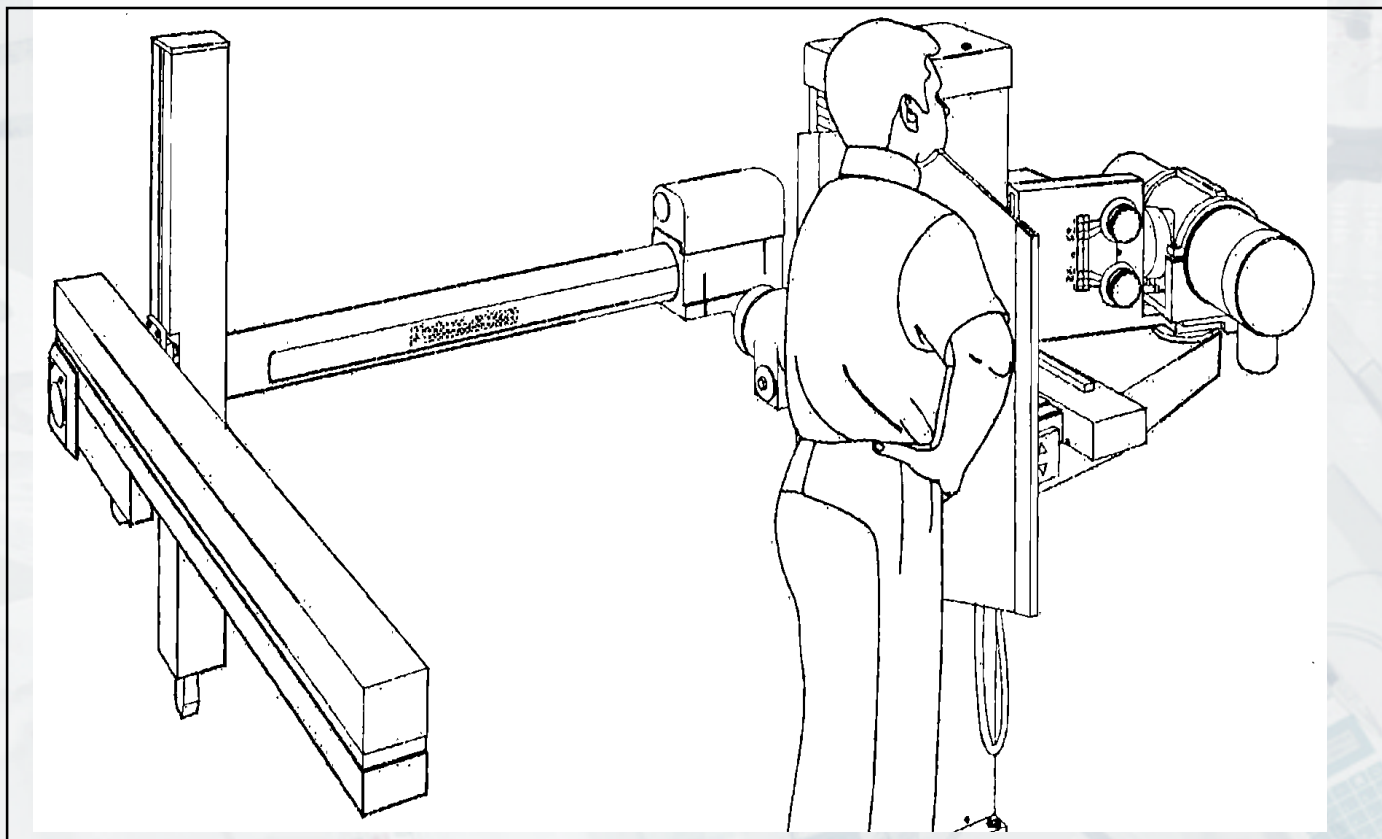


Рис. 8. Выполнение снимка в положении стоя

Важно, чтобы обе половины грудной клетки прилегали к деке одинаково. Для выведения лопаток за пределы проекции легких кисти рук ставят на бедра, а локти направляют вперед. При этом плечи пациента должны быть опущены. Подбородок несколько приподнят и соприкасается с верхним краем деки. Срединная линия тела пациента должна совпадать со срединной линией деки. Положение больного при исследовании в прямой передней проекции показано на **рис. 9**.

В зависимости от данных, полученных при рентгенографии в прямой проекции, для получения изображения органов грудной клетки в боковой проекции пациента устанавливают таким образом, чтобы он прижимался левым или правым боком (стороной поражения) к деке, как показано на **рис. 10**. При этом руки подняты кверху и скрещены над головой так, чтобы каждая кисть охватывала локтевой сустав противоположной руки. Срединная линия деки при этом должна соответствовать среднеподмышечной линии грудной полости пациента.

При необходимости можно исследовать *сердце* и *крупные сосуды* с применением контрастирования пищевода при положении пациента в традиционных левой и правой косых проекциях. Для изучения плевры, а также определения небольшого количества жидкости в плевральной полости используется полипозиционное исследование, включая латерографию.

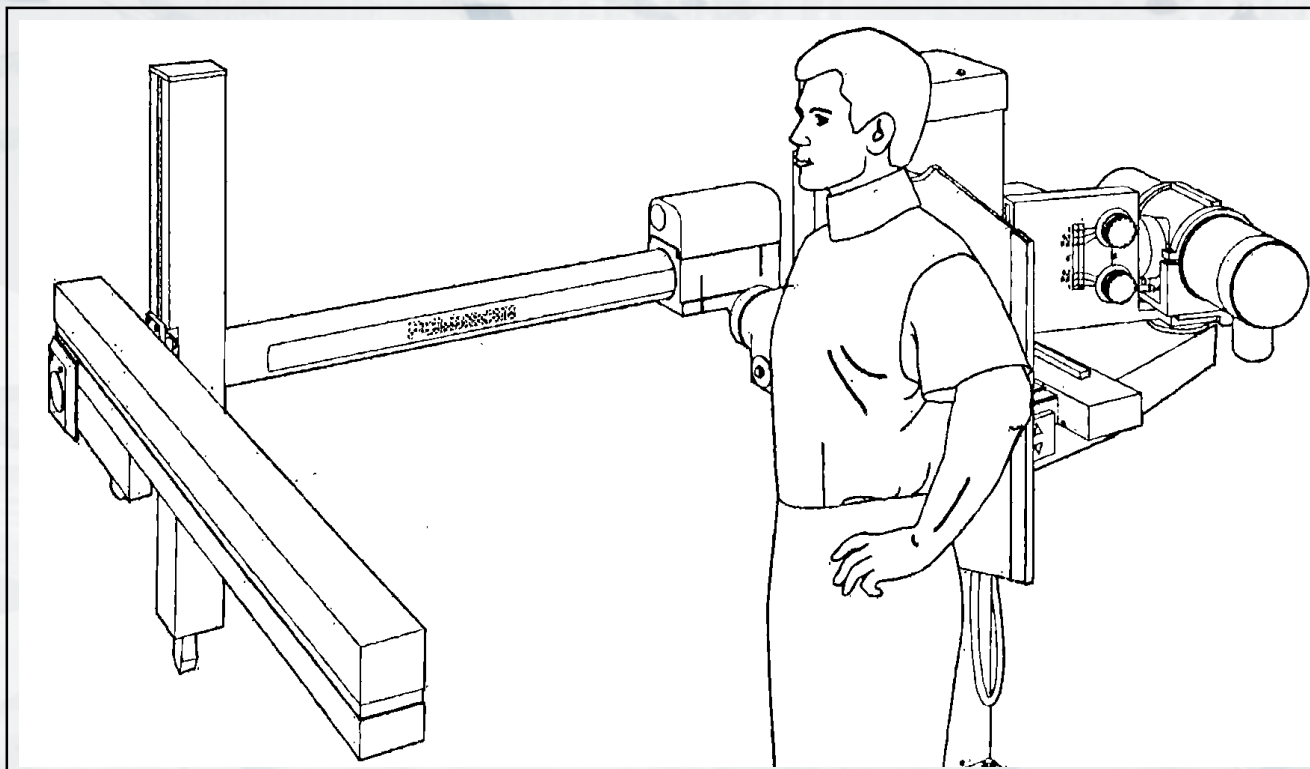


Рис. 9. Положение пациента при исследовании в прямой передней проекции

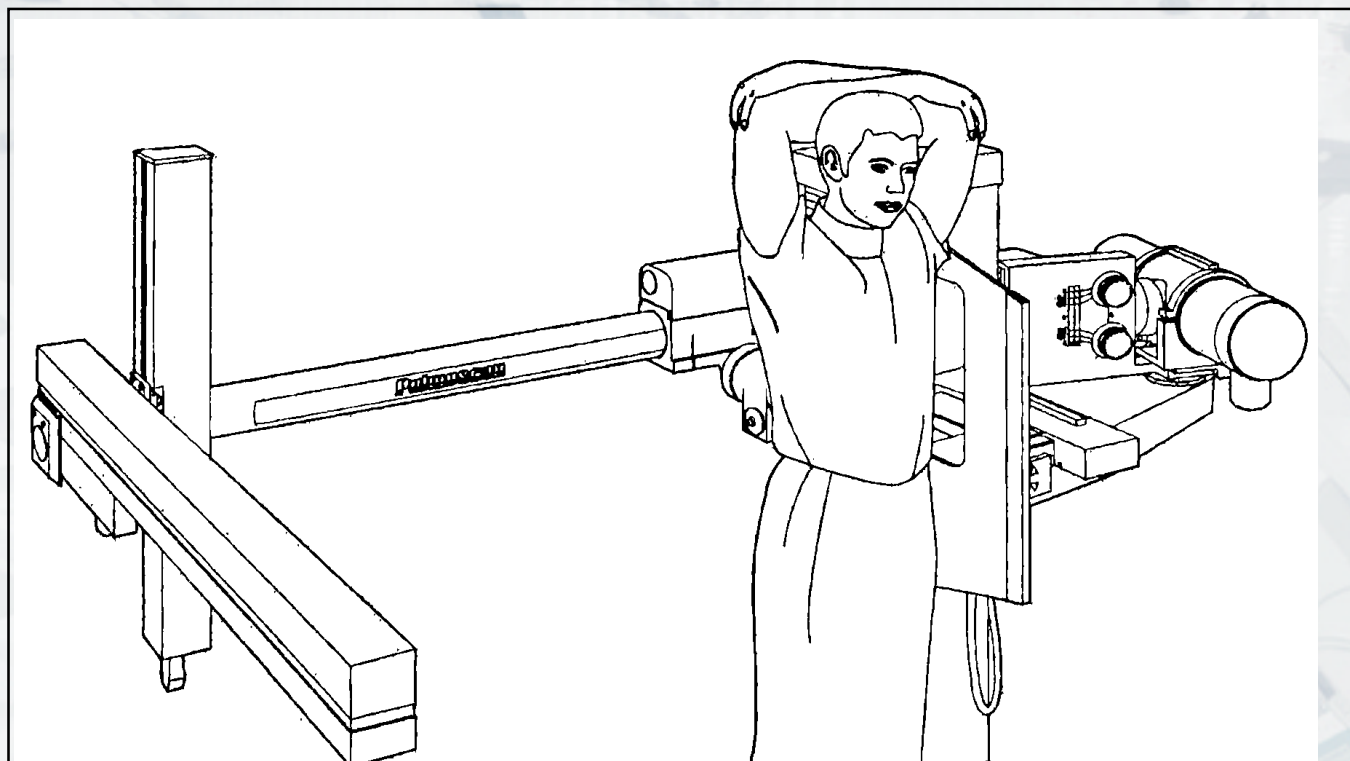


Рис. 10. Получение изображения органов грудной клетки в боковой проекции

Обеспечение радиационной безопасности

В силу своих конструктивно-эксплуатационных особенностей «Пульмоскан» существенно менее опасен в радиационном плане, однако до завершения разработки и принятия соответствующих нормативов все работы по эксплуатации и техническому обслуживанию аппарата «Пульмоскан» должны проводиться в соответствии с ГОСТ 26140–84.

В части радиационной защиты обслуживающего персонала «Пульмоскан» соответствует Нормам радиационной безопасности (НРБ-2000), Закону РБ «О радиационной безопасности населения» и требованиям Санитарных правил работы при проведении медицинских рентгенологических исследований № 2780-80.

Мощность дозы излучения на рабочих местах персонала, работающего на «Пульмоскане», не должна превышать 11,7 мкГр/ч. При этом расчетная годовая эффективная доза на рабочих местах персонала будет не более 0,02 Зв, а годовая эффективная доза облучения для населения не превысит 0,001 Зв.

Доза на входной поверхности тела пациента на одно исследование при проведении его на аппарате «Пульмоскан» в соответствии с Методическими рекомендациями МЗ РБ (МР № 148-9812) от 18.02.99 г. и Стандартом безопасности № 115 МАГАТЭ не должна превышать 0,4 мГр.

Временно, до установки в конструкцию аппарата «Пульмоскан» встроенного дозиметра, для контроля дозовых нагрузок на пациента рекомендуется пользоваться средними значениями входной дозы на одно исследование для типичного (нормальной комплекции) взрослого пациента, приведенными в таблице:

Исследуемая область	Время сканирования, с	Величина напряжения, кВ	Величина анодного тока, мА	Вид проекции	Величина дозы, мГр
Органы грудной клетки	4	100120	3,03,0	прямая боковая	0,020,035
	8	100120	6,56,5	прямая боковая	0,080,13

При проведении рентгенологических исследований необходимо:

- обеспечить пребывание в процедурной только одного пациента;
- экранировать у обследуемого области таза, щитовидной железы и, по возможности, других частей тела, особенно у лиц репродуктивного возраста (для этого используются индивидуальные средства защиты).

Примерные временные затраты на рентгеновское обследование на аппарате «Пульмоскан»

Следует учесть, что особенности работы с рентгенографическим компьютерным аппаратом «Пульмоскан» требуют навыков работы с компьютерами, знания основ операционной системы «Windows», а также обучения врача-рентгенолога и рентгенолаборанта специалистами предприятия-изготовителя.

Время, затраченное на одно обследование на «Пульмоскане», складывается из этапов технологического процесса, основными из которых являются:

- ввод информации в компьютер;
- выбор режима съемки;
- подготовка пациента к обследованию в зависимости от применяемой методики (включая экранирование тела пациента с помощью индивидуальных средств защиты);
- размещение пациента, выделение области исследования (диафрагмирование);
- процесс сканирования (4 с, 8 с);
- сохранение полученного рентгеновского изображения;
- анализ полученной информации;
- архивирование снимка.

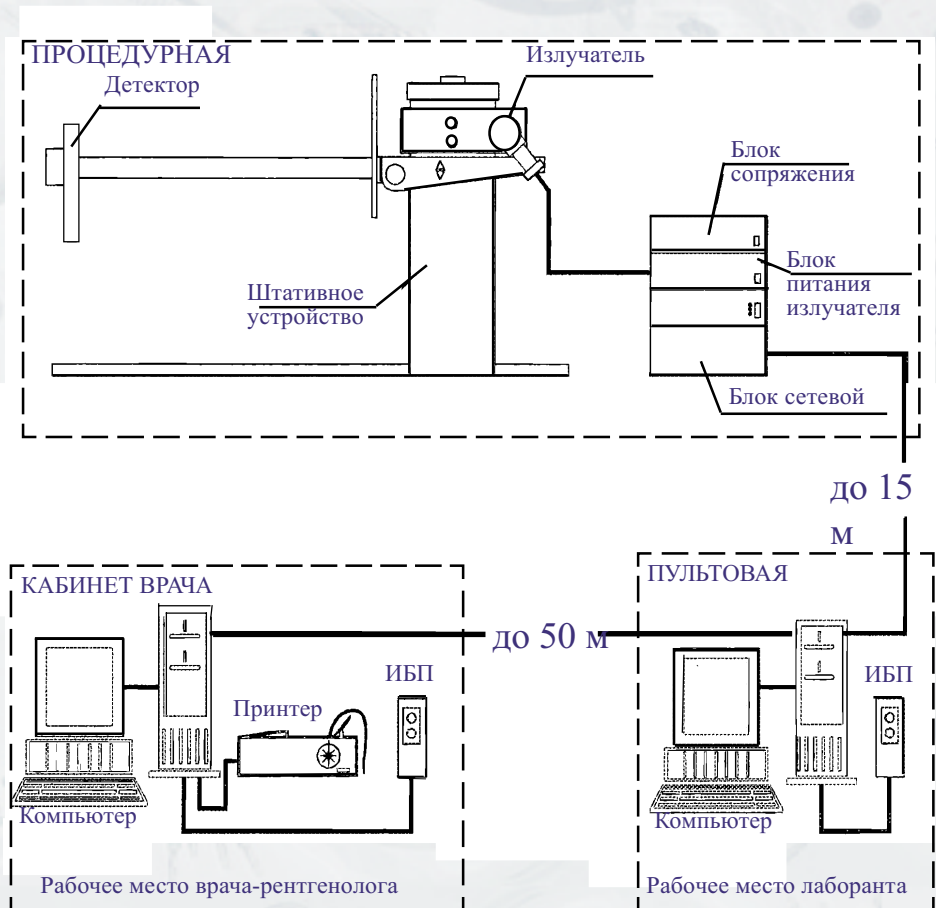
Многokратный хронометраж показал, что среднее число повторяющихся циклов за 1 ч работы на аппарате «Пульмоскан» в кратковременном режиме (4 с) составляет 20 исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

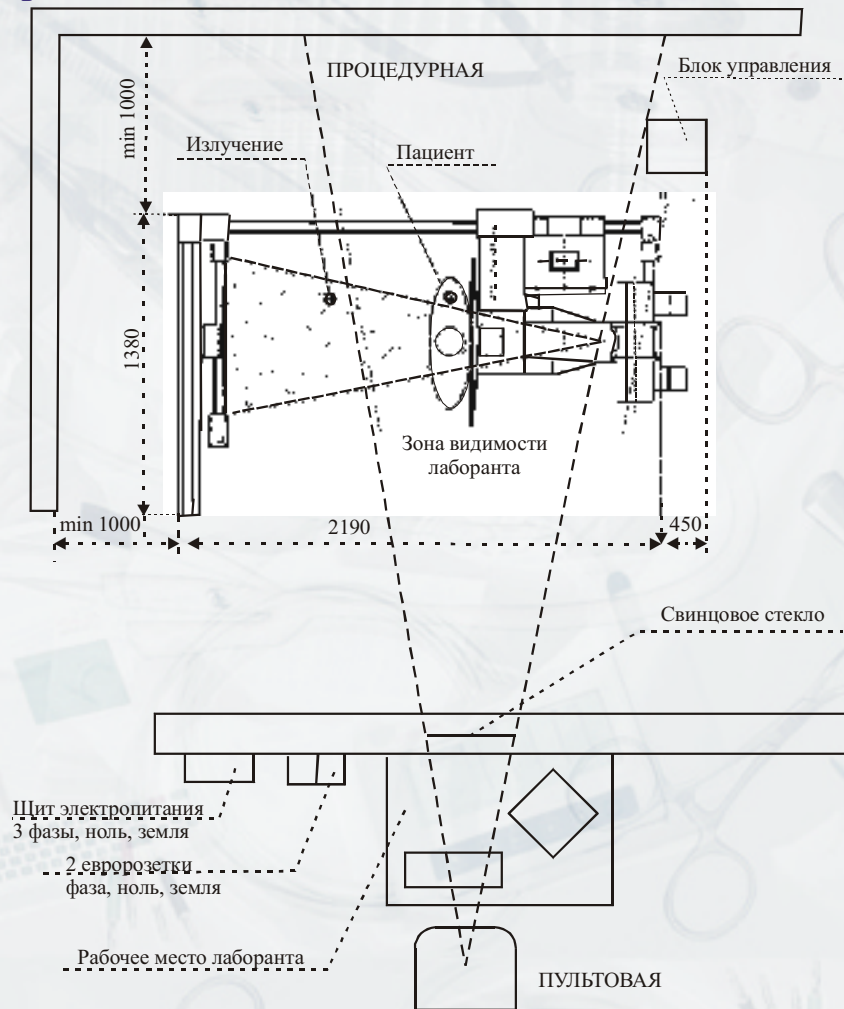
Внедрение отечественной системы цифровой рентгенографии в широкую клиническую практику многих лечебных учреждений сделает этот метод доступным во всех диагностических алгоритмах, что будет способствовать улучшению выявления важнейших заболеваний человека. Неинвазивность и необременительность исследования с помощью цифрового рентгеновского аппарата, возможность проведения обследований в амбулаторных условиях и относительно низкая лучевая нагрузка на пациента делают цифровую рентгенографию ценным диагностическим методом, позволяющим получить максимальную информацию в кратчайший срок при минимуме применяемых средств.

Приложение 1

Рекомендации по схеме установки, подводу электропитания и строительному заданию для установки «Пульмоскан»



Примерная схема установки аппарата «Пульмоскан» в помещении рентгеновского кабинета



1.1. «Пульмоскан» должен быть установлен в рентгеновском отделении (кабинете), соответствующем СанПиН 42-129-11-4090-86 «Рент-генологические отделения (кабинеты). Санитарно-гигиенические нормы» и ОСТ 42-21-15-83 «Система стандартов безопасности труда. Кабинеты рентгенодиагностические. Требования безопасности».

1.2. Для работы на стационарном аппарате «Пульмоскан» рекомендуется следующий набор помещений рентгеновского кабинета:

№ п/п	Наименование помещения	Площадь не менее, м²
1.	Процедурная	15–20
2.	Компьютерная комната с компьютерами лаборанта и врача (при необходимости компьютер врача может быть установлен в отдельном помещении)	15
3.	Раздевальная комната	6

1.3. До монтажа «Пульмоскана» должны быть выполнены следующие виды работ:

1.3.1. Установлен электрощит (3 фазы, нуль, земля) с устройством для быстрого отключения. Электрощит должен быть установлен в пультовой на расстоянии не более чем 1,5 м от рабочего места лаборанта.

1.3.2. Установлены 2 евророзетки (фаза, нуль, земля) в пультовой у рабочего стола лаборанта.

1.3.3. Установлены 3 евророзетки (фаза, нуль, земля) в кабинете врача.

1.3.4. Подвод электропитания от электрощита к блоку управления аппарата «Пульмоскан» 4-жильным проводом с двойной изоляцией и сечением жилы не менее 2,5 мм² в коробе под полом или по полу с защитой коробами от механических повреждений (ОСТ 42-21-15-83).

1.3.5. Строительное задание на фундамент «Пульмоскана».

1.3.6. Контур защитного заземления в рентгеновском кабинете (процедурной) и пультовой.

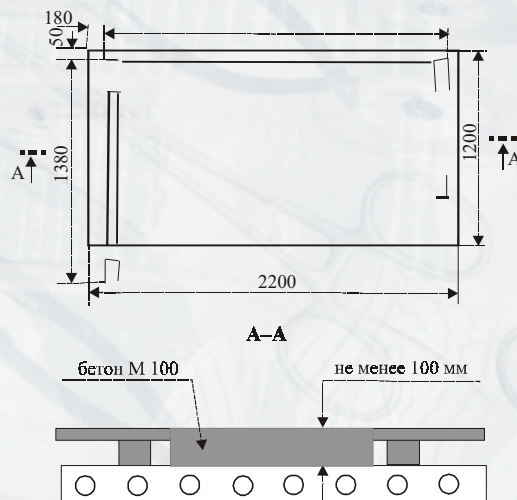
1.3.7. Желательно смотровое окно со свинцовым стеклом в пультовой. Оно должно находиться в зоне рассеянного излучения и на такой высоте, чтобы лаборант мог, работая сидя, видеть пациента. Свинцовый эквивалент стекла должен быть не менее 0,6 мм.

1.4. Компьютерная сеть выполняется при монтаже «Пульмоскана» и при этом отдельно от силового электропитания.

Строительное задание на фундамент «Пульмоскана»

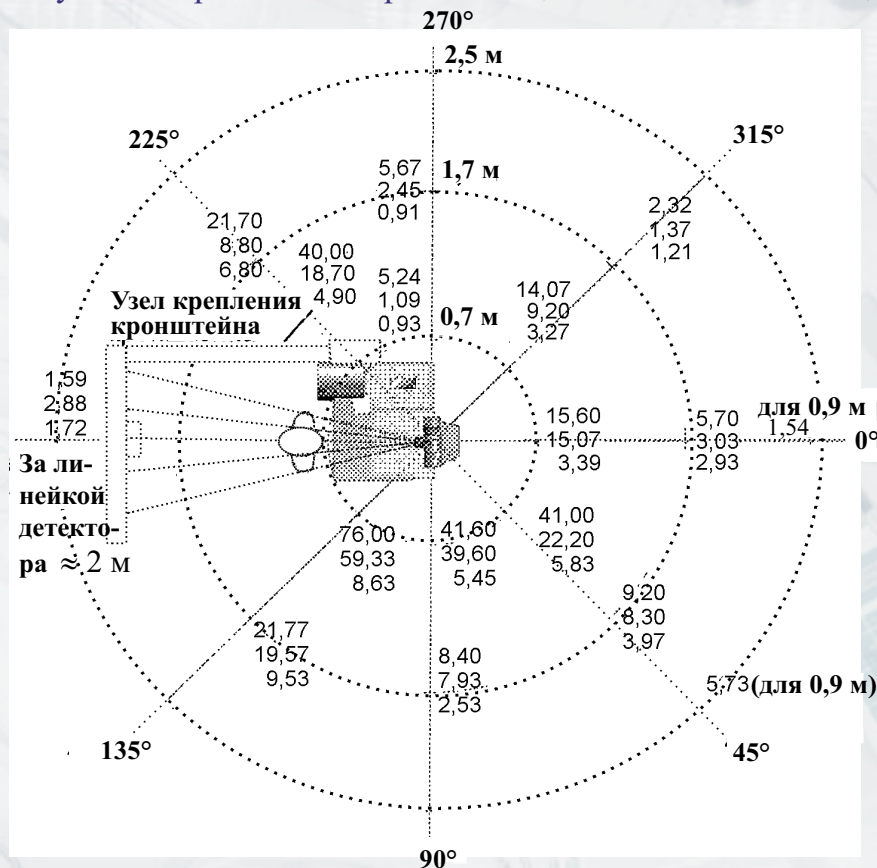
«Пульмоскан» не требует устройства фундамента, если он устанавливается на бетонном полу или бетонном межэтажном перекрытии, покрытом линолеумом или паркетом.

При установке «Пульмоскана» в помещении с деревянным полом под ним в проекции аппарата выполняется фундамент.



Карта радиационных полей, создаваемых при работе рентгенографического компьютерного аппарата «Пульмоскан-760» U = 100 кВ I = 2 мА

(использованы фантом типа Алдерсон — Рендо и дозиметр EL 1119, обеспечивающий измерение мощности эквивалентной дозы в диапазоне от 0,05 мкЗв/ч до 10,0 Зв/ч, диапазон энергий регистрируемого рентгеновского излучения в режиме измерения мощности эквивалентной дозы от 20 кэВ до 3 МэВ)



Цифры столбиком означают мощность дозы в мкЗв/ч по высотам:
– 1,5 м; – 0,9 м; – 0,1 м

Приложение 3

Выписка из протокола определения доз

Время записи одного изображения полного формата:

- I режим — 4 с;
- II режим — 8 с.

Ионизационная камера 77335 устанавливалась на уровне грудной клетки фантома Алдерсона — Рендо со стороны излучателя (расстояние «источник–поверхность» — 350 мм).

Методика проведения испытаний

Испытания проводились в соответствии с Методическими рекомендациями МЗ РБ № 148-9812 от 12.02.1999 г.

№	U, кВ	I, мА	Время сканирования, с	Место расположения камеры типа 77335	Керма, мГр	Значение дозы, рекомендованное МР № 148-9812, мГр
1.	100	3,0	4,0	перед фантомом	0,01811	0,4
2.	100	3,0	4,0	перед фантомом	0,01812	0,4
3.	100	3,0	4,0	перед фантомом	0,01811	0,4
4.	120	6,5	8,0	перед фантомом	0,10020	0,4
5.	120	6,5	8,0	перед фантомом	0,10020	0,4
6.	120	6,5	8,0	перед фантомом	0,10020	0,4
7.	120	6,5	8,0	за фантомом	0,00429	–
8.	120	6,5	8,0	за фантомом	0,00426	–
9.	120	6,5	8,0	за фантомом	0,00429	–

ВЫВОДЫ

При диагностических обследованиях на рентгенографическом компьютерном аппарате «Пульмоскан-760» входная доза на пациента на один снимок значительно меньше значения, рекомендованного МР МЗ РБ №148-9812 от 12.02.1999 г. и Стандартом безопасности МАГАТЭ № 115.

Такая доза может быть зарегистрирована дозиметрами типа «Nomex» или определена расчетным путем в соответствии с методическими рекомендациями МЗ РБ «Определение дозовых нагрузок на взрослых пациентов при рентгенодиагностических исследованиях» № 148-9812 от 12.02.1999 г.