

Научно-практический центр медицинской радиологии

Департамента здравоохранения Москвы

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора
по научно-технической работе


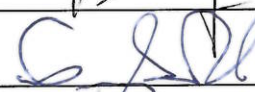



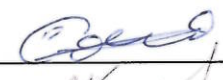
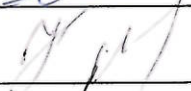

Директор
Гл. специалист по лучевой
диагностике ДЗ города Москвы


_____ М.И. Зеликман
«31» марта 2010г.


_____ Ю.В. Варшавский
«____» _____ 2010г.

**Методика контроля эксплуатационных параметров
рентгенодиагностических аппаратов**

Разработали:


_____ Н.Н. Блинов

_____ Г.И. Бердяков

_____ С.А. Кручинин

_____ Ю.В. Ларчиков

_____ Г.М. Ртищева

_____ В.А. Солдатов

_____ Н.А. Шенгелия

_____ В.Л. Ярославский

Москва, 2010

Содержание

	стр.
1. Общие положения	5
2. Перечень эксплуатационных параметров медицинского рентгеновского оборудования, подлежащих контролю.	7
3. Методы контроля	9
<i>3.1. Параметры питающего устройства и рентгеновского излучателя</i>	<i>9</i>
3.1.1 Суммарная фильтрация пучка рентгеновского излучения, слой половинного ослабления	9
3.1.2. Точность выполнения уставок анодного напряжения	12
3.1.3 Контроль формы кривой анодного напряжения и величины пульсаций	13
3.1.4 Точность выполнения уставок анодного тока и количества электричества (мАс)	16
3.1.5 Точность установки длительности экспозиции.	17
3.1.6 Повторяемость дозы излучения	17
3.1.7 Линейность изменения дозы излучения от количества электричества	18
3.1.8. Проверка радиационной защиты рентгеновского излучателя	19
3.1.9. Оценка радиационного выхода рентгеновской трубки	20
3.1.10. Наличие сигнализации при времени облучения, превышающем заданное значение	21

3.2.	<i>Параметры штативно-механических устройств</i>	21
3.2.1.	Совпадение оптического (светового) и рентгеновского полей излучения	21
3.2.2.	Контроль перпендикулярности рабочего пучка поверхности приемника изображения	24
3.2.3.	Проверка усилий перемещения (поворота) подвижных частей	24
3.2.4.	Угол и глубина среза при томографии	25
3.2.5.	Проверка функционирования отсеивающих растров	30
3.2.6.	Проверка электромеханических перемещений подвижных частей рентгеновского аппарата и взаимодействия составных элементов РДА	31
3.2.7.	Оценка программы деления кассет в экрано-снимочном устройстве (ЭСУ)	31
3.3.	<i>Проверка работы диафрагм</i>	32
3.4.	<i>Проверка работоспособности рентгенэкспонетра</i>	34
3.5.	<i>Методы контроля устройства для стереотаксиса</i>	35
3.6.	<i>Параметры преобразователя изображения</i>	39
3.6.1.	Определение размера рабочего поля	39
3.6.2.	Определение геометрических искажений	40
3.6.3.	Определение пространственной разрешающей способности	42
3.6.4.	Определение контрастной чувствительности	43
3.6.5.	Определение динамического диапазона УРИ	44
3.6.6.	Неоднородность выходного изображения УРИ	45

3.6.7.	Контроль качества изображения пленочных флюорографов	45
3.6.8.	Контроль качества изображения маммографических аппаратов	46
3.6.9.	Контроль качества изображения ортопантомографов	47
	Список литературы	48
	Приложение 1. Таблица 204	49

1. Общие положения

Объем испытаний определяется назначением и типом рентгеновского оборудования. Минимальный перечень эксплуатационных параметров медицинского рентгеновского оборудования, подлежащих контролю, определяется приложением 10 СанПиН 2.6.1.1192-03 [1] и приложением к утвержденному образцу техпаспорта на рентгеновский кабинет [2].

Контроль эксплуатационных параметров медицинских рентгенодиагностических аппаратов (РДА) проводится с целью определения соответствия этих параметров требованиям нормативно-технической документации (прежде всего – эксплуатационной документации на изделие) и отечественным стандартам с целью подтверждения исправности РДА (обеспечения его нормального функционирования при проведении рентгенодиагностических исследований с соблюдением мер радиационной безопасности).

Контроль эксплуатационных параметров РДА производится в следующих случаях:

- при первичной приемке рентгеновского кабинета в эксплуатацию на этапе его технической паспортизации;
- при периодическом контроле технического состояния и радиационной безопасности рентгеновского кабинета с целью определения возможности продления сроков его дальнейшей эксплуатации, определенных техпаспортом на рентгеновский кабинет (с продлением срока действия этого техпаспорта);
- при внеплановом контроле технического состояния и радиационной безопасности рентгеновского кабинета при изменении условий его эксплуатации, связанных, в частности, с ремонтом и модернизацией РДА с заменой его основных блоков или узлов (питающего устройства, рентгеновской трубки, приемника рентгеновского изображения и т.п.).

Периодичность контроля эксплуатационных параметров РДА определяется сроком действия технического паспорта на рентгеновский кабинет (обычно это 2-3 года и 1-2 года для РДА со сроком эксплуатации более 10 лет.).

Настоящая методика распространяется на РДА общего и специального назначения (флюорографические, дентальные и маммографические), где в качестве приемников используется рентгеновская пленка и усилители рентгеновского изображения (УРИ) с аналоговым телевизионным трактом. В тех случаях, когда условия испытаний для аппаратов общего и специального назначения отличаются, это отмечается в тексте.

Программа испытаний медицинского рентгеновского оборудования при оформлении и продлении технического паспорта на рентгенкабинет включает проверку основных электрических и радиационных параметров рентгеновского аппарата, а также их электромеханических узлов.

2. Перечень эксплуатационных параметров медицинского рентгеновского оборудования, подлежащих контролю.

2.1. Параметры питающего устройства и рентгеновского излучателя:

- суммарная фильтрация пучка рентгеновского излучения;
- слой половинного ослабления;
- точность выполнения уставок анодного напряжения;
- контроль формы кривой и пульсаций анодного напряжения;
- точность установки длительности экспозиции;
- повторяемость дозы излучения;
- линейность изменения дозы излучения от количества электричества;
- проверка радиационной защиты рентгеновского излучателя;
- оценка радиационного выхода рентгеновской трубки;
- наличие сигнализации при времени облучения, превышающем заданное значение.

2.2. Параметры штативно-механических устройств:

- совпадение оптического (светового) и рентгеновского полей излучения;
- контроль перпендикулярности рабочего пучка поверхности приемника изображения;
- усилие перемещения (поворота) подвижных частей штатива и экрано-снимочного устройства аппарата;
- угол и глубина среза при томографии;
- проверка функционирования отсеивающего раstra;
- проверка электромеханических перемещений подвижных частей рентгеновского аппарата и взаимодействия составных элементов РДА;
- оценка программы деления кассет в ЭСУ.

2.3. Работа диафрагмы.

2.4. Проверка работоспособности рентгенэкспонетра.

2.5. Методы контроля устройства для стереотаксиса.

2.6. Параметры преобразователя изображения:

- размер рабочего поля УРИ;
- искажение изображения (дисторсия и локальные искажения) УРИ;
- пространственная разрешающая способность;
- контрастная чувствительность;
- динамический диапазон УРИ;
- неоднородность выходного изображения УРИ;
- контроль качества изображения пленочных флюорографов;
- контроль качества изображения маммографических аппаратов;
- контроль качества изображения ортопантомографов.

3. Методы контроля

3.1. *Параметры питающего устройства и рентгеновского излучателя.*

При проведении испытаний по п.п. 3.1.1-3.1.10 необходимо параметры исследования задавать в ручном режиме.

3.1.1. Суммарная фильтрация пучка рентгеновского излучения, слой половинного ослабления.

Для повышения качества рентгеновского излучения практически во всех типах РДА используют фильтрацию излучения специальными фильтрами (обычно в виде пластин из алюминия).

На практике качество излучения оценивают по слою половинного ослабления (СПО), под которым подразумевают толщину слоя данного вещества (поглотителя), которая ослабляет интенсивность рентгеновских лучей в 2 раза. Для более полной характеристики спектра излучения иногда измеряют и второй слой половинного ослабления интенсивности, т.е. такую толщину слоя данного вещества, которая ослабляет интенсивность излучения, прошедшего через первый СПО, снова в 2 раза. Отношение второго СПО к первому характеризует степень неоднородности пучка излучения. Чем спектрально более однороден пучок излучения, тем больше указанное отношение приближается к единице. Оценка слоя половинного ослабления производится с помощью дозиметра (например, типа Unfors Xi или Mult-O-Meter 582L) с использованием в качестве поглотителя набора алюминиевых пластин нормированной толщины в диапазоне от 0,1 мм до 5 мм.

Измерение СПО рекомендуется проводить при параметрах съемки, соответствующих рабочему режиму исследования (например, для РДА общего назначения рекомендуется $U_a = 70$ кВ, $Q=100$ мАс).

Для измерения СПО необходимо установить детектор дозиметра в центре плоскости приемника рентгеновского изображения, осуществить

экспозицию, измерить и зарегистрировать величину дозы. Далее установить на выходном окне рентгеновской трубки дополнительный фильтр (1мм Al или более тонкий), повторить экспозицию, измерить дозу. Следует повторять этот процесс, добавляя алюминиевые пластины до тех пор, пока измеренная экспозиционная доза не станет в 2 раза меньше первоначально измеренной дозы.

Толщина установленных дополнительно пластин из Al и является оценкой СПО.

Следует отметить, что дозиметр типа Unfors Xi сразу рассчитывает величину СПО непосредственно по результатам измерения параметров пучка без дополнительной фильтрации.

Суммарная (общая) фильтрация излучения в основном определяется толщиной специальных фильтров, устанавливаемых на выходном окне рентгеновского излучателя, и оценивается визуально, либо по эксплуатационной документации на РДА.

Полученное значение СПО должно быть не меньше значения, представленного в таблице 204 ГОСТ Р 50267.03-99 [3] (см. Приложение 2). Определив значение СПО, можно более точно оценить величину общей фильтрации излучения, воспользовавшись таблицей 1.

Таблица 1

Слой половинного ослабления в мм Al в зависимости от общей фильтрации (мм Al) и анодного напряжения U_a .

Общая фильтрация	35 кВ	40 кВ	50 кВ	60 кВ	70 кВ	80 кВ	90 кВ	100 кВ
1	0,72	0,83	1,05	1,28	1,48	1,74	2,02	2,32
1,5	0,89	1,04	1,31	1,55	1,81	2,10	2,42	2,77
2	1,04	1,22	1,53	1,82	2,12	2,44	2,80	3,17
2,5	1,16	1,37	1,74	2,07	2,40	2,76	3,15	3,55
3	1,27	1,50	1,92	2,29	2,65	3,05	3,47	3,90
3,5	1,36	1,62	2,08	2,49	2,89	3,31	3,76	4,21
4	1,44	1,72	2,23	2,68	3,10	3,56	4,04	4,51
4,5	1,51	1,81	2,36	2,85	3,31	3,79	4,29	4,78
5	1,57	1,90	2,49	3,01	3,49	4,01	4,53	5,03
5,5	1,63	1,97	2,60	3,15	3,67	4,21	4,75	5,26
6	1,68	2,04	2,70	3,29	3,83	4,39	4,95	5,48
7	1,78	2,17	2,89	3,53	4,12	4,73	5,32	5,87
8	1,87	2,29	3,06	3,75	4,38	5,03	5,64	6,21
10	2,02	2,49	3,35	4,12	4,82	5,54	6,19	6,78
15	2,26	2,83	3,91	4,85	5,67	6,49	7,21	7,83
20	2,43	3,07	4,28	5,36	6,31	7,20	7,96	8,60
25			4,57	5,72	6,76	7,74	8,52	9,18
30				6,04	7,10	8,12	8,92	9,58
35					7,43	8,42	9,23	9,91
40						8,73	9,56	10,25
Общая фильтрация	110 кВ	120 кВ	125 кВ	130 кВ	135 кВ	140 кВ	145 кВ	150 кВ
1	2,65	3,01	3,19	3,38	3,57	3,77	3,96	4,17
1,5	3,13	3,50	3,70	3,90	4,09	4,30	4,50	4,71
2	3,56	3,96	4,16	4,37	4,57	4,78	4,98	5,19
2,5	3,96	4,38	4,59	4,79	5,00	5,22	5,43	5,64
3	4,33	4,76	4,97	5,19	5,40	5,61	5,83	6,04
3,5	4,66	5,10	5,32	5,54	5,76	5,98	6,19	6,40
4	4,97	5,42	5,65	5,87	6,09	6,31	6,52	6,74
4,5	5,25	5,72	5,94	6,17	6,39	6,61	6,82	7,04
5	5,52	5,98	6,21	6,44	6,66	6,88	7,10	7,31
5,5	5,76	6,23	6,46	6,69	6,91	7,13	7,35	7,56
6	5,98	6,46	6,69	6,92	7,14	7,36	7,58	7,79
7	6,38	6,86	7,10	7,32	7,54	7,76	7,98	8,19
8	6,73	7,21	7,45	7,67	7,89	8,11	8,32	8,53
10	7,31	7,79	8,02	8,25	8,46	8,68	8,89	9,09
15	8,37	8,85	9,08	9,30	9,52	9,73	9,93	10,13
20	9,16	9,66	9,90	10,12	10,35	10,56	10,77	10,97
25	9,75	10,27	10,51	10,74	10,98	11,20	11,41	11,62
30	10,17	10,69	10,93	11,17	11,40	11,62	11,84	12,05
35	10,49	11,02	11,27	11,52	11,75	11,97	12,20	12,41
40	10,85	11,40	11,67	11,92	12,16	12,40	12,63	12,85

В маммографических аппаратах оценка слоя половинного ослабления проводится аналогично изложенному выше.

Оценка слоя половинного ослабления производится с помощью дозиметра (например, типа Unfors Xi или Mult-O-Meter 535L) с использованием в качестве поглотителя набора алюминиевых пластин, нормированная толщина которых не превышает 0,1 мм. Минимально допустимый слой половинного ослабления для маммографов, имеющих анод из молибдена (Mo) и дополнительный фильтр 30 мкм Mo, составляет 0,28 мм Al при 25 кВ и 0,32 мм Al при 28 кВ.

3.1.2. Точность выполнения уставок анодного напряжения.

Анодное напряжение (U_a) на рентгеновской трубке – важнейший параметр рентгеновского излучения, определяющий, прежде всего, проникающую способность (жесткость) этого излучения.

Анодное напряжение и длительность экспозиции рекомендуется оценивать с помощью радиационных (бесконтактных) средств измерения, обеспечивающих определение указанных характеристик с погрешностью не более $\pm 5\%$ и включенных в Госреестр средств измерений.

К таким средствам в настоящее время относятся:

- отечественное устройство контроля радиационных и электрических характеристик рентгеновских аппаратов дистанционное «УКРЭХ»

- устройство для измерения основных параметров РДА типа «Nomex» фирмы PTW – Freiburg (Германия);

- многофункциональные дозиметры для контроля характеристик рентгеновских аппаратов типа Unfors Mult-O-Meter и Unfors Xi (Unfors Inst, Швеция).

Точность установки анодного напряжения контролируется следующим образом:

3.1.2.1. Измерительный прибор со встроенным детектором или выносные детекторы прибора устанавливаются (или закрепляются при помощи вспомогательных средств) в плоскости приемника рентгеновского изображения так, чтобы центральная ось рентгеновского пучка располагалась перпендикулярно верхней панели детекторов прибора на выбранном расстоянии от фокуса рентгеновской трубки. Чувствительная область детекторов прибора, помечаемая специальным образом (круг, прямоугольник), во время измерения должна полностью облучаться.

Предварительная настройка осуществляется с помощью светового центриатора.

3.1.2.2. Производится измерение U_a в рабочем диапазоне рентгеновского аппарата с шагом 10 кВ с фиксацией показаний прибора ($U_{изм}$)¹.

3.1.2.3. Результаты измерений сравниваются с установленными значениями U_a и определяется относительная погрешность по формуле:

$$\delta u = \frac{|U_{изм} - U_{уст}|}{U_{уст}} \cdot 100\%,$$

где $U_{изм}$ - измеренное значение анодного напряжения,

$U_{уст}$ - значение анодного напряжения, установленное на пульте управления РДА

Эта погрешность для каждого измерения не должна превышать значения $\pm 10\%$.

3.1.3. Контроль формы кривой анодного напряжения и величины пульсаций.

С целью оценки состояния и настройки рентгеновского питающего устройства, необходимой процедурой является контроль формы кривой анодного напряжения. Решение этой задачи в условиях лечебно-

¹ Для маммографических аппаратов шаг можно принять равным 10% от максимально устанавливаемого значения анодного напряжения..

профилактического учреждения предпочтительнее осуществить бесконтактным способом, без вторжения в высоковольтную цепь питания рентгеновской трубки.

Контроль формы анодного напряжения позволяет оценить:

- величину пульсаций анодного напряжения,
- форму изменения интенсивности излучения от времени,
- переходные коммутационные процессы в главной цепи аппарата,
- наличие неисправностей в главной цепи аппарата,
- длительность экспозиции.

Одним из наиболее эффективных методов для осуществления такой задачи является радиационный метод контроля формы кривой анодного напряжения рентгеновской трубки, что непосредственно реализовано в устройстве «NOMEX», где график изменения анодного напряжения на рентгеновской трубке может быть непосредственно выведен на экран встроенного в устройство монитора. Имеется также возможность распечатать этот график на бумажной ленте с помощью встроенного портативного принтера.

В приборах типа Unfors Xi график изменения анодного напряжения может быть воспроизведен на мониторе ноутбука, подсоединяемого к прибору. В расширенном варианте устройства УКРЭХ, имеющем возможность подключения к нему карманного персонального компьютера (КПК), аналогичный график может быть получен на экране такого КПК, причем связь с УКРЭХ при этом может быть осуществлена беспроводно с использованием технологии BLUETOOTH.

В приборах NOMEX, УКРЭХ предусмотрена также возможность подключения осциллографа для визуального наблюдения характера изменения сигнала на выходе одного из детекторов.

Величина пульсации анодного напряжения, нормированная к максимальному пиковому напряжению U_{\max} при установившемся значении

напряжения, выражается в процентах:

$$r = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max}} \cdot 100\%,$$

где U_{\max} – наибольшее значение анодного напряжения,

U_{\min} – наименьшее значение анодного напряжения.

Величины пульсаций анодного напряжения и коммутационных выбросов для различных схем выпрямления указаны в таблице 2. Указанные величины являются примерными, так как величина пульсаций анодного напряжения зависит не только от вида схемы выпрямления, но и от нагрузки рентгеновской трубки (анодного напряжения U_a и тока I_a)

Таблица 2

Значение пульсаций анодного напряжения для различных типов генераторов

Тип генератора	Допустимая величина пульсации	Коммутационные выбросы
Однополупериодный	100%	100%
Двухполупериодный	до 100%	до 100%
Трехфазный шестипульсный	16%	до 20%
Трехфазный 12-ти пульсный	10%	до 15%
С частотным преобразованием	5%	до 10%

Результаты проверки считаются положительными, если величина пульсации r не превышает значение, указанное в технической документации на РДА.

3.1.4. Точность выполнения уставок анодного тока и количества электричества (мАс).

Измерение анодного тока рентгеновской трубки I_a в РДА возможно только в тех случаях, когда на пульт управления рентгеновского аппарата или его питающего устройств выведены соответствующие клеммы, позволяющие включить измерительный прибор в цепь анодного тока трубки. Средства для измерения анодного тока I_a имеются в приборах NOMEX, Unfors Xi, Unfors Mult-O-Meter (модификации 706L, 704, 714).

Результаты испытаний считаются положительными, если измеренные значения I_a (при средних для проверяемого аппарата значениях анодного напряжения U_a) отличаются от установленных не более чем на 15% [4]. Точность задания величины I_a следует проверять по крайней мере для двух типичных нормируемых значений I_a . Если производитель в эксплуатационной документации указывает меньшую величину отклонения для оценки I_a , то проверяется соответствие указанной величине.

Контроль точности уставок количества электричества Q (мАс) осуществляется аналогично проверке I_a в соответствии с инструкцией по эксплуатации используемого прибора (например, Unfors Xi).

Результаты испытаний считаются положительными, если измеренные значения Q (при средних для проверяемого аппарата значениях анодного напряжения U_a) отличаются от установленных не более чем на 20% [4].

Проверки по п. 3.1.4 осуществляются только на этапе приемочных испытаний и только по согласованию с поставщиком оборудования.

3.1.5. Точность установки длительности экспозиции.

Длительность экспозиции может быть измерена с помощью всех типов приборов, указанных в разделе 3.1.2. Измерения рекомендуется проводить при рабочих для испытываемого аппарата значениях анодного напряжения и тока.

Последовательность действий при проведении данной проверки такая же, как и при измерении точности установки U_a .

3.1.5.1. Детектор прибора (внутренний или внешний) устанавливают в плоскости приемника рентгеновского излучения с учетом всех замечаний, указанных в разделе 3.1.2.

3.1.5.2. Проводят ряд экспозиций (от 3 до 10) в рабочем диапазоне времен экспозиций с примерно одинаковым интервалом.

3.1.5.3. Измеренные значения времени экспозиции должны отличаться от установленных не более чем на 10% [4].

3.1.6. Повторяемость дозы излучения.

Данный параметр проверяется путем выполнения ряда измерений дозы (или мощности дозы) при одних и тех же условиях эксперимента (обычно при рабочих для испытываемого аппарата значениях анодного напряжения, тока и времени экспозиции).

Относительную погрешность повторяемости дозы излучения определяют по формуле:

$$\delta_D = \frac{|D_i - D_{cp}|}{D_{cp}} \cdot 100\%,$$

где D_i - измеренное значение дозы в i – том измерении,

D_{cp} - среднее по n измеренным значениям дозы.

Измеренные значения дозы должны отличаться от среднего ее значения не более чем на 20% [5]

3.1.7. Линейность изменения дозы излучения от количества электричества (мАс).

Указанный параметр проверяется при любых двух значениях количества электричества Q , отличающихся не более, чем в 2 раза [4].

Измерения проводят при заданном значении анодного напряжения (величиной 0,5 - 0,7 от номинального), при этом изменяют количество электричества Q , либо по отдельности анодный ток или длительность экспозиции (если позволяет аппарат). В случае раздельного выбора указанных параметров рекомендуется зафиксировать длительность экспозиции и изменять анодный ток. При этом должно выполняться соотношение:

$$\left| \frac{D_1}{Q_1} - \frac{D_2}{Q_2} \right| \leq 0,2 \frac{\frac{D_1}{Q_1} + \frac{D_2}{Q_2}}{2},$$

где D_1 и D_2 – средние значения дозы (каждая при трех измерениях или более).

Возможно использование методики оценки линейности изменения дозы D от Q (I_a) по графикам. Для этого по результатам измерений дозы при установленных в пределах рабочего диапазона значениях количества электричества Q (анодного тока I_a) строится график зависимости $D = f(Q)$. Полученную зависимость аппроксимируют линейной функцией и от этой линии по обе стороны откладывают 20%-ный интервал (подобную процедуру удобно выполнять, используя программное обеспечение Microsoft Excel).

Если экспериментальная кривая не выходит за пределы установленного интервала, то результаты испытаний считаются удовлетворительными.

3.1.8. Проверка радиационной защиты рентгеновского излучателя.

Проверку защитных устройств излучателей, диафрагм и тубусов следует проводить при анодном напряжении в соответствии с таблицей 4.1 СанПиН 2.6.1.1192-03 и анодном токе не менее 2 мА. Обработку результатов измерений проводят в соответствии с п.12 Приложения 11 СанПиН 2.6.1.1192-03 по усредненному значению мощности дозы.

Для контроля радиационной защиты может быть использован, например, дозиметр типа ДКС-АТ1121.

Окно излучателя при испытаниях должно быть закрыто диафрагмой или защитной заглушкой, полностью перекрывающими поток рентгеновского излучения.

Свинцовый эквивалент заглушки должен быть не менее 2,0 мм Рb при номинальном напряжении аппарата до 70 кВ включительно; 2,5 мм — от 70 до 100 кВ включительно; 3,0 мм — от 100 до 150 кВ включительно.

Измерения проводят в 4 - 6 доступных точках, расположенных на расстоянии 1 м от кожуха излучателя.

Для рентгеновских маммографов проверка защитных свойств излучателя и диафрагмы проводится на расстоянии 5 см от поверхности защитного кожуха излучателя.

Точки, в которых проводят измерения, по возможности, должны располагаться справа, слева, спереди, сзади, сверху и снизу от рентгеновского излучателя.

Мощность дозы излучения после усреднения и приведения к рабочей нагрузке не должна превышать [5]:

- для рентгенодиагностических аппаратов - 0,87 мГр/час;
- для дентальных аппаратов - 0,25 мГр/час;
- для маммографических аппаратов - 0,87 мГр/час.

К диафрагмам и тубусам рентгенодиагностических аппаратов предъявляются по защите те же требования, что и к рентгеновским излучателям.

3.1.9. Оценка радиационного выхода рентгеновской трубки

Радиационный выход определяет работоспособность излучателя. По мере износа трубки он падает. Принято считать, что при уменьшении его на 30% трубка подлежит замене.

Значение радиационного выхода должно быть зафиксировано при определенных условиях для новой трубки и проверяться при тех же условиях периодически (для РДА обычно при анодном напряжении 100 кВ и общей фильтрации 3 мм Al; для маммографических аппаратов - при 35- 40 кВ, для стоматологических - при номинальном значении анодного напряжения) [1].

Значение радиационного выхода определяется при заданных значениях анодного напряжения и количества электричества по формуле:

$$R = \frac{D \cdot f^2}{I_a \cdot t_3} \left[\frac{\text{мГр} \cdot \text{м}^2}{\text{мА} \cdot \text{мин}} \right],$$

где D- измеренное значение экспозиционной дозы (мГр),

f – расстояние от фокуса рентгеновской трубки до поверхности детектора дозиметра (м),

I_a – анодный ток трубки (мА),

t_3 – длительность экспозиции (мин)

Измеренное значение служит базовым значением при проведении повторных испытаний рентгеновской трубки.

3.1.10. Наличие сигнализации при времени облучения, превышающем заданное значение.

Данная проверка проводится только на РДА, имеющих режим рентгеноскопии. Для этого выполняются следующие операции:

3.1.10.1. РДА переводится в режим рентгеноскопии.

3.1.10.2. Включается высокое напряжение и запускается секундомер.

3.1.10.3. Через 5 мин (или иное время, оговоренное в инструкции по эксплуатации проверяемого аппарата) должен раздаться звуковой сигнал.

3.1.10.4. Если сигнал прозвучит раньше или позже оговоренного времени ($\pm 0,5$ мин), то обслуживающая организация должна провести настройку указанного параметра.

3.2. Параметры штативно-механических устройств.

3.2.1. Совпадения оптического (светового) и рентгеновского полей излучения.

Эту проверку целесообразно осуществлять с помощью портативного тест-объекта, например модуля совпадения полей (МСП).

Модуль центрации и совпадения полей (Рис.1а) представляет собой прямоугольную рентгенопрозрачную подложку из стеклотекстолита толщиной $2 \pm 0,2$ мм с нанесенными симметрично относительно центра прямоугольником и квадратом из рентгеноконтрастного материала. По центру подложки нанесены рентгеноконтрастные перекрестие и кольцо. Вдоль сторон прямоугольника и квадрата симметрично нанесены рентгеноконтрастные кольца. В центре каждого кольца нанесен крест из рентгеноконтрастного вещества.

Для определения ориентации изображения в одном из углов прямоугольника имеется надпись.

Тест-объект позволяет контролировать положение светового центризатора и совпадение радиационного и светового полей одновременно с помощью одного изображения, зарегистрированного на рентгеновскую пленку.

Также в данной проверке используется центральная метка, которая представляет собой кольцо.

3.2.1.1. При проведении испытаний аппарата в центре рабочей поверхности рентгенографической кассеты размером 18 x 24 см закрепляется клейкой лентой центральная метка.

3.2.1.2. Подготовленная таким образом заряженная рентгеновская кассета вставляется в кассетодержатель снимочного стола и юстируется по световому маркеру диафрагмы излучателя.

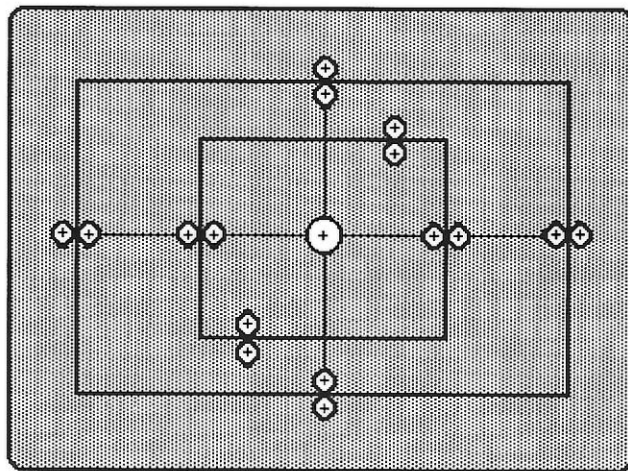
3.2.1.3. Рентгеновский излучатель устанавливается на фокусном расстоянии 1 м.

3.2.1.4. Модуль центризации и совпадения полей устанавливается на деке стола для рентгенографии таким образом, чтобы световое поле диафрагмы и ее центральное перекрестие совпадали с контуром прямоугольника или квадрата и перекрестием модуля, соответственно.

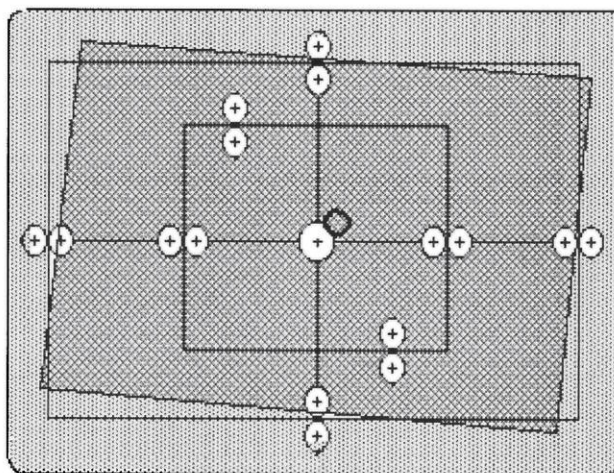
3.2.1.5. Далее осуществляют съемку в режиме «кисть».

3.2.1.6. Совпадение радиационного и светового полей определяется визуально по полученному изображению (Рис.1.b) на пленке. Изображение угловой метки на снимке позволяет определить направление несовпадения.

3.2.1.7. Измеренная сумма расхождений вдоль каждой из осей между краями поля рентгеновского излучения и краями светового поля должна быть не более $0,02 f$, где f - фокусное расстояние (в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61223-2-11-2001) [9]. При фокусного расстояния 1м суммарное отклонение по каждой из осей должно быть не более 20 мм.



a



b

Рис. 1. Модуль центрации и совпадения полей (a) и его зарегистрированное изображение (b).

В маммографических аппаратах несовпадение поля засветки светового центризатора с полем облучения не должно превышать 5 мм. Поле рентгеновского излучения должно распространяться до края стола пациента, примыкающего к грудной клетке, и не должно выходить за его пределы более чем на 5мм [3].

Проверку рекомендуется проводить визуально с помощью специального контрольного люминесцентного экрана.

3.2.2. Контроль перпендикулярности рабочего пучка поверхности приемника изображения.

Для оценки перпендикулярности рабочего пучка плоскости деки штатива стола снимков необходимо установить излучатель на осевой линии стола на расстоянии 100 см, выбрать поле 100x100 мм и при включенном световом центризаторе опустить излучатель вниз. После этого оценить смещение центра перекрестия светового центризатора относительно центральной линии деки. При расхождении более 5 мм необходимо откорректировать положение излучателя.

3.2.3. Проверка усилий перемещения (поворота) подвижных частей.

Эта проверка выполняется с помощью динамометра с ценой деления, обеспечивающей измерение усилий с погрешностью не более $\pm 10\%$.

3.2.3.1. Измеряются усилия перемещения излучателя (на 2 рабочем месте) и экрано-снимочного устройства при выключенных тормозах при работе без электродвигателя (не более 40 Н) и при включенных тормозах (не менее 150 Н).

3.2.3.2. Дополнительно оценивают уравновешенность излучателя на колонне снимков. При выключенных тормозах разность усилий его перемещения вверх и вниз должна быть не более 10 Н.

Указанные выше требования распространяются на подвижные части

штативных устройств различных рентгеновских аппаратов, перемещаемых вручную (без электродвигателя).

3.2.3.3. Измеряются усилия перемещения в аппаратах передвижного типа при необходимости перемещения по ровной поверхности (не более 250 Н).

3.2.3.4. В маммографических рентгеновских аппаратах дополнительно оговариваются усилия компрессии, которые производятся с помощью электродвигателя (усилие не менее 150 Н и не более 200 Н).

Для проверки усилия компрессии закрепляют один конец динамометра под кожухом излучателя, а другой за компрессионный узел. Включают электродвигатель компрессионного устройства ножным переключателем. Проверка указанного параметра требует снятия кожуха излучателя и может поверяться только в заводских условиях, так как требует снятия кожуха излучателя.

Декомпрессия может осуществляться автоматически или вручную. Измеряется усилие, необходимое для перемещения компрессионного устройства вручную (не более 40 Н).

Перечень подвижных частей аппаратов, подлежащих торможению или фиксации, с указанием необходимых усилий устанавливается в технической документации на аппараты конкретного типа.

3.2.4. Угол и глубина среза при томографии.

Для контроля томографической приставки может быть использован, например, фантом ТКТ, содержащий два модуля: ТКТ-01 и ТКТ-02. С помощью этого фантома контролируют следующие эксплуатационные параметры томографических приставок:

- глубину (высоту) выделяемого среза;
- толщину выделяемого среза;
- угол томографии;
- симметричность траектории при томографии.

Модуль ТКТ-01 для оценки глубины и толщины выделяемого среза (Рис.2а) представляет собой рентгеноконтрастную линейку из металлического листа (1) длиной 300 ± 5 мм, толщиной $1,5 \pm 0,1$ мм со сквозными отверстиями (2) диаметром $1,5 \pm 0,1$ мм по всей длине линейки вдоль оси симметрии. Расстояние между отверстиями $10 \pm 0,5$ мм. На уровнях глубин выделяемого среза 5,0 и 10,0; 15,0 и 20,0 см по сторонам осевого отверстия вырезаны дополнительные отверстия (3) диаметрами 1,0 мм и 2,0 мм.

Модуль ТКТ-02 для оценки угла и симметричности траектории при томографии (Рис.2б) представляет собой полосу из рентгеноконтрастного материала (металлического листа) толщиной $1,5 \pm 0,1$ мм, изогнутую в виде буквы «П». По центральной оси полосы просверлены три отверстия диаметром $1,0 \pm 0,1$ мм каждое. Отверстия расположены таким образом, что расстояние от осей боковых отверстий до оси центрального составляет $50 \pm 0,5$ мм.

3.2.4.1. При проведении испытаний линейка устанавливается под углом 45° к плоскости деки стола для рентгенографии с помощью треугольной подставки таким образом, чтобы продольная линия перекрестия светового центриатора и осевые отверстия модуля ТКТ-01 совместились.

Глубина среза h при этом определяется следующим образом:

$$h = 0,71 L,$$

где L – расстояние центра отверстия на оси линейки от основания.

3.2.4.2. При контроле глубины выделяемого среза томографии модуль ТКТ-01 размещается на деке стола для рентгенографии в поле облучения под прямым углом к плоскости томографии.

3.2.4.3. Органами управления аппарата устанавливаются исследуемая глубина выделяемого среза (5,0; 10,0; 15,0 или 20,0 см) и угол томографии.

3.2.4.4. Далее производится томографический снимок в режиме «КИСТЬ».

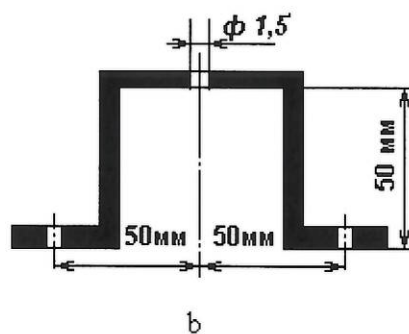
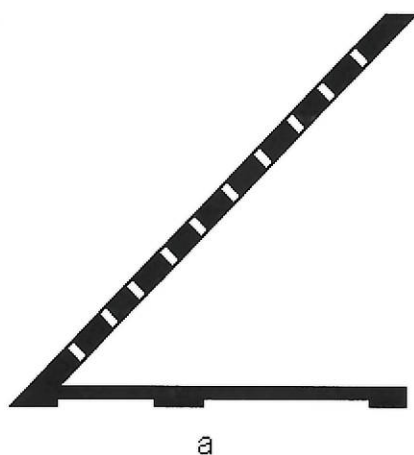
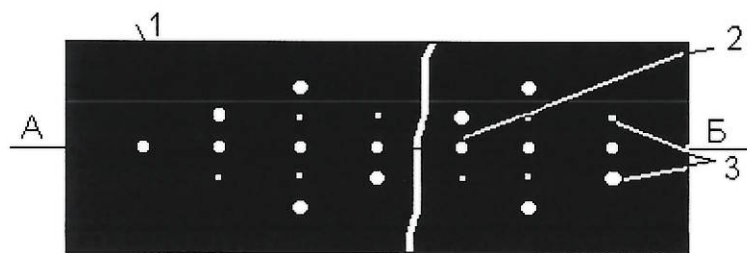


Рис. 2. Фантом для контроля томографической приставки.
Модуль ТКТ-01(а) и модуль ТКТ-02(б)

3.2.4.5. Определение глубины выделяемого среза производится визуально по изображению модуля ТКТ-01 на рентгенограмме при заданной глубине выделяемого среза.

3.2.4.6. За величину глубины среза принимается положение наиболее четкого изображения осевого отверстия выбранного сектора линейки, а толщина слоя среза оценивается расстоянием, в котором видны отдельно дополнительные отверстия диаметром 2 мм.

3.2.4.7. Угол томографии и траекторные характеристики режима томографии проверяются при размещении модуля ТКТ-02 в середине рентгеновской кассеты размером 18 x 24 см таким образом, чтобы при угле томографии 0° центр перекрестия от светового центратора совместился со средним отверстием модуля, а остальные два отверстия находились на горизонтальной линии перекрестия.

3.2.4.8. Органами управления устанавливается угол томографии и производится томографический снимок в режиме «кисть».

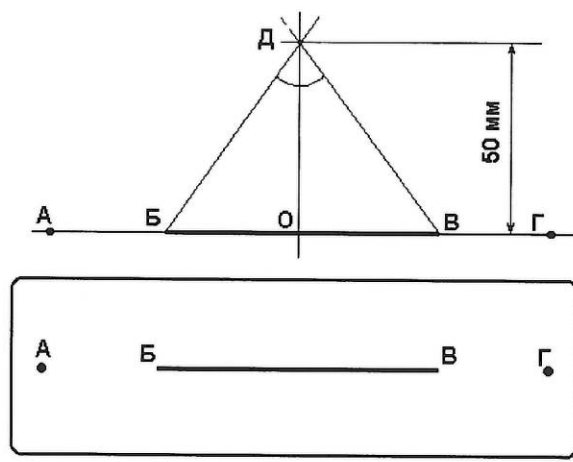
3.2.4.9. Определение угла томографии производится визуально по рентгенограмме модуля ТКТ-02 при заданной глубине выделяемого среза томографии 5 см (Рис. 3а).

Угол томографии вычисляется по формуле:

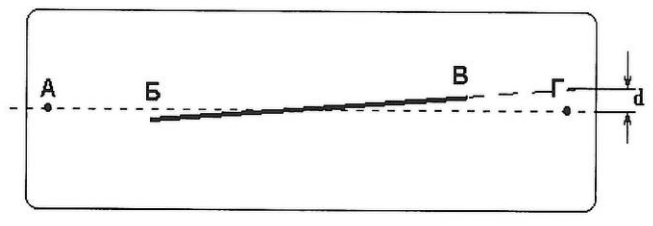
$$\varphi = 2 \operatorname{arctg} (L / 100),$$

где $L = \text{БО} + \text{ОВ}$ – длина отрезка следа центральной точки модуля в мм.

3.2.4.10. Определение характеристик траектории томографии производится визуально по рентгенограмме модуля ТКТ-02 при заданной глубине выделяемого среза томографии 5 см. Наличие несимметрии приводит к смещению центра отрезка следа относительно середины расстояния между двумя крайними точками А и Г и повороту отрезка следа относительно оси АГ, как это показано на Рис.3б. Направление несимметрии (левое или правое) определяется направлением смещения центра отрезка следа.



а



б

Рис.3. Определение угла и характеристик траектории томографии при использовании модуля ТКТ-02.

3.2.5. Проверка функционирования отсеивающего растра

Растры относятся к устройствам фильтрации рентгеновского излучения и вводятся в прямой пучок для избирательного поглощения рассеянного излучения.

Растр размещают перед рентгенографической кассетой или другим приемником изображения. В РДА общего назначения и в рентгеновских маммографах растр совершает возвратно-поступательное движение (качание) во время включения высокого напряжения. В переносных и передвижных аппаратах растр неподвижен.

Проверка функционирования растра проводится в следующей последовательности:

3.2.5.1. Переключателем рабочих мест и фокусов РДА выбирается рабочее место, например, стол снимков, большой фокус.

3.2.5.2. Выбирается режим съемки 45-50 кВ, 100 мА, 0,1 с. Излучатель устанавливается на определенное фокусное расстояние от поверхности стола (70 – 100 см), которое определяется характеристиками растра.

3.2.5.3. Кассета с пленкой устанавливается в рабочее положение. Поле диафрагмируется по размеру приемника, производится снимок.

3.2.5.4. Показателем нормального функционирования отсеивающего растра является отсутствие четко выраженных мелких полос на рентгенограмме. Данная проверка проводится также на стойке снимков и на универсальном штативе.

В случае появления полос на рентгенограмме, рекомендуется проверить свободный ход растров и исправность цепей питания электромагнитных приводов.

Проверка функционирования отсеивающего растра в рентгеновских маммографах проводится аналогично. Фокусное расстояние и режимы проверки определяются типом маммографа и техническими характеристиками применяемого растра.

3.2.6. Проверка электромеханических перемещений подвижных частей рентгеновского аппарата и взаимодействия составных элементов РДА.

3.2.6.1. Для проверки 1-го рабочего места (поворотный стол-штатив) необходимо установить на пульте управления переключатель рабочих мест в положение 1-ое рабочее место. Проверяется поворот стола-штатива в горизонтальное и вертикальное положения, а также в положение минус 15° (Тренделенбурга).

Проверяется перемещение платформы, срабатывание электротормозов и блокировок, работа вентилятора, охлаждающего трубку.

3.2.6.2. Далее необходимо установить переключатель рабочих мест в положение 2-ое рабочее место, проверить срабатывание электротормозов штатива и стола снимков, включение и выключение светового центриатора диафрагмы.

Проверка электромеханических перемещений подвижных частей передвижных аппаратов и маммографов проводится на соответствие техническим характеристикам, указанным в эксплуатационной документации.

Проверка характеристики штативных устройств флюорографов проводится аналогично изложенному выше. А такие характеристики, как работоспособность дверей кабины, функционирование перемотки пленки, функционирование ножниц для резки пленки в камере, работоспособность рулонных и одиночных кассет контролируется опробованием вручную.

3.2.7. Оценка работы программы деления кассет в экрано-снимочном устройстве (ЭСУ).

В оценку работы программы входит проверка точности позиционирования кассет, в том числе при выполнении программы деления кассет на 2, 3, 4, 6 снимков.

3.2.7.1. В центре входного поля ЭСУ на стороне, обращенной к трубке, закрепляют рентгеноконтрастную метку любого типа. Делают снимок при минимальных параметрах съемки.

3.2.7.2. Выдвигают кассету и снова ее вставляют, делают повторный снимок при тех же условиях. По совмещению двух изображений рентгеноконтрастной метки делают заключение о точности позиционирования кассет (изображения метки не должны смещаться более чем на 5 мм).

3.2.7.3. Оценка программы деления кассет осуществляется путем выполнения соответствующего количества снимков метки на одну кассету и по отсутствию перекрытия соседних полей (снимков).

3.3. Проверка работы диафрагм.

3.3.1. При включении режима просвечивания на первом рабочем месте осуществляется управление перемещением шторок диафрагмы. Шторки должны перемещаться синхронно без рывков и заеданий. Если не предусмотрено полное закрывание диафрагмы, то оставшаяся щель должна иметь размеры не более 5 x 5 мм.

3.3.2. Работа диафрагмы на 2-м рабочем месте (стол снимков) и 3-м рабочем месте (стойка снимков) проверяется аналогичным образом при включенном световом имитаторе пучка излучения. Изменение размера светового поля на столе при перемещении шторок диафрагмы оценивается визуально.

3.3.3. Поле рентгеновского излучения должно быть отрегулировано следующим образом:

- если поле рентгеновского излучения прямоугольное, а поверхность приемника круглая (УРИ), то длина и ширина поля не должна быть больше диаметра поверхности приемника;

- в аппаратах для маммографии рентгеновское поле не должно выходить за пределы края стола пациента, примыкающего к грудной клетке, а также за пределы любого из трех других краев более чем на 2% от фокусного расстояния.

Размер поля рентгеновского излучения (рабочего поля) маммографического аппарата проверяется с помощью специального контрольного люминесцентного экрана, который размещается на столе пациента. На контрольном экране нанесены размеры полей облучения с предельными отклонениями для двух форматов кассет (18 x 24 см и 24 x 30 см) [3].

3.3.4. Моноблоки дентальных рентгеновских аппаратов обычно снабжаются тубусами (коллиматорами), обеспечивающими диаметр рабочего поля излучения от 45 до 60 мм и заданное кожно-фокусное расстояние. Тубусы могут быть круглой или прямоугольной формы и оснащены диафрагмами для более точной коллимации рентгеновского пучка.

Размер радиационного поля в плоскости внешнего торца тубуса не должен превышать в диаметре 60 мм [4]. Для проверки необходимо сделать снимок на рентгеновскую пленку (без усиливающего экрана), расположенную в плоскости внешнего торца тубуса перпендикулярно центральному лучу. Длительность экспозиции выбирается из условия получения оптимальной плотности почернения S ($S = 1,0 - 1,8$) изображения сечения пучка излучения.

Работа без тубуса на дентальных аппаратах запрещается. При поломке тубуса его необходимо заменить.

3.4. Проверка работоспособности рентгенэкспонетра.

В РДА общего назначения камера рентгенэкспонетра, устанавливаемая над кассетой в столе снимков (стойке снимков), имеет три поля, которые можно выбирать вручную, а именно:

- центральное поле,
- два крайних поля (снимки парных органов) -левое поле, -правое поле,
- три поля (обзорные снимки).

Проверка заключается в рентгенографии водного фантома (250x250x100 мм).

3.4.1. Рентгеновскую трубку центрируют относительно ионизационной камеры экспонетра стола снимков (стойки снимков), устанавливая фокусное расстояние 100 см, поле облучения 200x200 мм, анодное напряжение примерно 80 кВ. Выбирая последовательно различные сочетания полей рентгенэкспонетра и включая высокое напряжение, по показаниям индикаторов (мАс; с) на пульте управления (дисплее) можно судить о корректности работы реле экспозиции.

3.4.2. Переключатели «плотности почернения» и «экран-пленка» должны находиться в среднем положении. Значения мАс должны быть одинаковы на всех сочетаниях полей (разброс в показаниях обычно не должен превышать 20%). В противном случае камера реле экспозиции подлежит замене.

3.4.3. Проверяются также показания мАс после изменения положения переключателей «плотности почернения» и «экран-пленка». Они должны изменяться в большую или меньшую сторону с шагом, указанным в документации.

3.4.4. Рентгеновские аппараты для маммографии имеют один встроенный датчик рентгенэкспонетра, имеющий возможность позиционирова-

ния (в зависимости от технических особенностей аппарата) в двух, трех или более положениях или несколько датчиков.

Проверка работоспособности рентгенэкспонетра проводится в следующей последовательности:

- на пульте управления выбирается положение рабочего поля рентгенэкспонетра;
- устанавливается фантом из полиметилметакрилата толщиной 1 см на диагностический стол пациента и центрируется по световому индикатору;
- переключатели «плотности почернения» и «экран-пленка» устанавливаются в среднее положение;
- выбираются условия съемки: 27 кВ, большой фокус, полуавтоматический режим;
- в кассетоприемник устанавливается кассета размером 18 x 24 см, проводится съемка и фиксируются значения мАс (с).

Значения мАс должны быть одинаковы при разных положениях датчика или выборе разных датчиков рентгенэкспонетра (разброс в показаниях определяется технической документацией на аппарат, но не должен превышать 20%).

3.5. Методы контроля устройства для стереотаксиса

В маммографических аппаратах, снабженных приставками для стереотаксиса, должна проверяться точность наведения биопсийной иглы в точку биопсии. Методы контроля определены требованиями ГОСТ Р 50267.45-99 [8].

Точность расположения острия биопсийной иглы в направлениях X, Y и Z должна быть не хуже ± 1 мм.

Для контроля можно, например, использовать тест-фантом для прицельной маммографии ТФМЦ-1, разработанный НПЦ медицинской радиологии (рис.4).

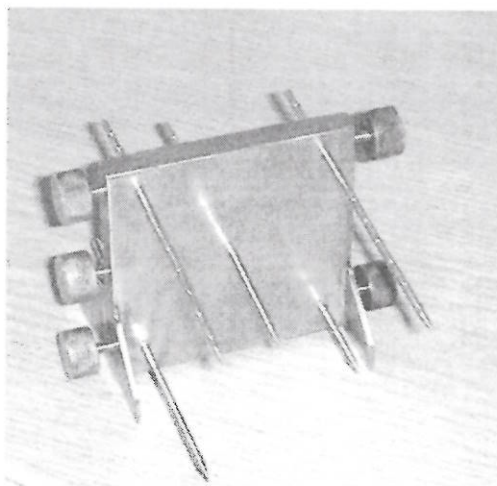


Рис.4. Общий вид тест-фантома для прицельной маммографии ТФМЦ-1.

Испытания проводятся в следующей последовательности:

- включается комплекс;
- пульт управления комплексом, маммограф;
- тест-фантом помещается на стол для пациента таким образом, чтобы острие одной из испытательных игл находилось примерно в центре объема стереотаксической биопсии;
- компрессионная пластина подводится вплотную к тест-фантому;
- вставляют маммографическая кассету в кассетодержатель;
- выбирают режим работы маммографа и делают обзорный (кранио-каудальный) снимок, чтобы убедиться, что острие испытательной иглы находится в зоне интереса;
- выполняют два стереоснимка под углом $+15^\circ$ и -15° ;
- после этого получают на одной пленке два стереоснимка;
- выбирают реперную точку (острие испытательной иглы) на правом и

левом снимках на устройстве для определения координат патологического изменения;

- нажимают клавишу передачи данных на биопсийную приставку;
- выбирают длину иглы в соответствии с руководством по эксплуатации на данное маммографическое устройство для стереотаксиса;
- после окончания перемещения устройства позиционирования иглы по рассчитанным координатам X, Y, Z вставляют в устройство позиционирования биопсийную иглу, делают два стереоснимка и оценивают по стереоснимкам и визуально отклонения расположения острия биопсийной иглы ΔX , ΔY , ΔZ по отношению к острию испытательной иглы (рис. 5).

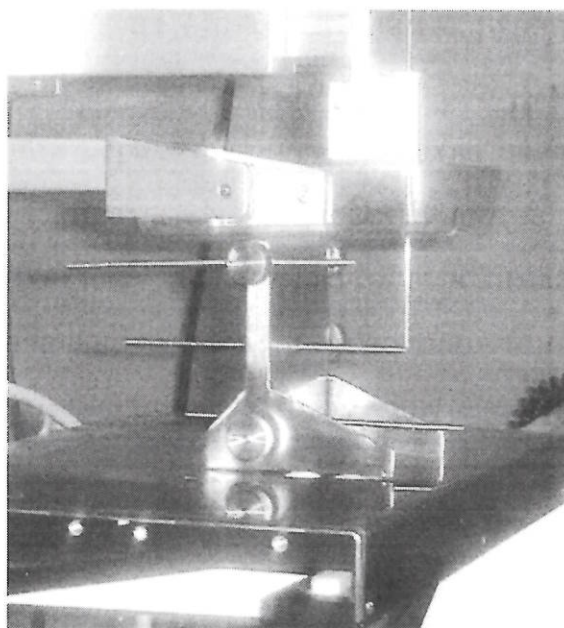


Рис.5. Визуальная оценка точности наведения биопсийной иглы.

При проверке маммографической приставки для стереотаксиса, например, фирмы "Philips" точность наведения биопсийной иглы (ΔX , ΔY , ΔZ) определяется не только по стереоснимкам, но и по показаниям на табло приставки для стереотаксиса.

После определения координат наведения биопсийной иглы значения отклонений ΔX , ΔY , ΔZ на табло приставки с помощью рукояток устанавливаются в ноль. Если при визуальном контроле наблюдается несовпадение острия тестовой иглы с острием биопсийной иглы, то с помощью рукояток добиваются их совпадения. При этом на табло высвечиваются отклонения ΔX , ΔY , ΔZ острия биопсийной иглы от острия испытательной иглы.

Часто для проверки корректности работы устройства для стереотаксиса вместо биопсийной иглы используется специальный испытательный палец длиной 10 см.

Испытания считаются удовлетворительными, если точность расположения острия биопсийной иглы в направлениях X, Y и Z не хуже ± 1 мм.

3.6. Параметры преобразователя изображения.

3.6.1. Определение размера рабочего поля УРИ

Размер рабочего поля определяется по изображению тест-объекта, расположенного на входной плоскости приемника рентгеновского изображения [6, 7].

Для этого, например, можно использовать тест-объект ТГН (или аналог) из комплекта тест-объектов КФРД-01.

Тест-объект ТГН представляет собой прямоугольник из фольгированного стеклотекстолита с вытравленным рисунком измерительной таблицы, состоящей из 5 коаксиальных окружностей и квадрата, а также нанесенных внутри квадрата диагоналей. На осевых линиях нанесены контрастные масштабные метки с шагом $10 + 0,5$ мм.

В центре под углом 45° располагается тест пространственного разрешения (мира) с группами из рентгеноконтрастных полос.

3.6.1.1. Тест-объект устанавливают (закрепляют) на входной плоскости УРИ таким образом, чтобы его центр совпадал с центром рабочего поля УРИ.

3.6.1.2. Анодное напряжение рентгеновской трубки U_a устанавливают минимальным (например 40 кВ).

3.6.1.3. Включают рентгеновский аппарат в режиме просвечивания. Анодный ток трубки выбирают с учетом оптимального восприятия изображения тест-объекта на экране монитора.

3.6.1.4. Диаметр основного рабочего поля УРИ определяется как наибольший диаметр окружности, целиком воспроизводимой на изображении тест-объекта ТГН.

3.6.2. Определение геометрических искажений УРИ.

Геометрические искажения определяют одновременно с проверкой по п. 3.6.1 при тех же значениях U_a и I_a .

Геометрические искажения подразделяют на дисторсию и локальные искажения.

3.6.2.1. Величину дисторсии определяют на выходном изображении телевизионного монитора с помощью измерения расстояний линейкой и рассчитывают по формуле:

$$\Delta = \left| \frac{D_{\max}}{H_{\min} \sqrt{2}} - 1 \right| \cdot 100\%$$

где: D_{\max} - величина наибольшей диагонали квадрата на выходном изображении испытательной таблицы, мм;

H_{\min} - величина наименьшего расстояния между сторонами квадрата на выходном изображении испытательной таблицы, мм.

Рассчитанное значение дисторсии должно быть не более 8%.

3.6.2.2. Величину локальных геометрических искажений определяют для УРИ, в состав которых входит телевизионная система.

Величину локальных геометрических искажений нормируют в процентах по отношению к выходному изображению отрезков тест-объекта, расположенных по горизонтальной и вертикальной осям в пределах 0,9 диаметра рабочего поля УРИ.

Для положительного значения:

$$\delta_1 = \frac{L_{\max} - L_{\text{ср}}}{L_{\text{ср}}} \cdot 100\%$$

Для отрицательного значения:

$$\delta_2 = \frac{L_{\min} - L_{\text{ср}}}{L_{\text{ср}}} \cdot 100\%$$

где L_{\max} – величина ширины (или высоты) наибольшего отрезка, соответствующего на тест – объекте размеру $10 \pm 0,5$ мм,

L_{\min} – величина ширины (или высоты) наименьшего отрезка, соответствующего на тест-объекте размеру $10 \pm 0,5$ мм,

$$L_{\text{ср}} = 0,5 \cdot \left[\frac{L_{\text{в}}}{N_{\text{в}}} + \frac{L_{\text{г}}}{N_{\text{г}}} \right],$$

где $L_{\text{в}}$, $L_{\text{г}}$ – величины полного размера выходного изображения, соответственно по вертикали и горизонтали, включающие в себя полные отрезки осей по 10 мм в пределах 0,9 диаметра рабочего поля УРИ.

$N_{\text{в}}$, $N_{\text{г}}$ - число полных отрезков осей по 10 мм выходного изображения тест-объекта в пределах 0,9 диаметра рабочего поля, соответственно по вертикали и горизонтали. Неполные отрезки на каждом краю в пределах 0,9 диаметра рабочего поля УРИ не учитываются.

Рассчитанные значения локальных искажений должны быть не более $\pm 12\%$.

3.6.3. Определение пространственной разрешающей способности

Пространственная разрешающая способность определяется по изображению тест-объекта (набор свинцовых штриховых мир), расположенного на входной плоскости приемника рентгеновского изображения.

Миры должны иметь диапазон пространственных частот не менее 0,6 - 5 пар лин/мм, толщина используемого в мире свинца должна быть не менее (50 ± 5) мкм.

3.6.3.1. Миры последовательно устанавливаются по центру приемника вертикально, горизонтально и под углом $(45 \pm 5)^\circ$, а также на диагоналях на расстоянии, составляющем 0,8 от диаметра рабочего поля УРИ или размера пленки под углом $45 \pm 5^\circ$.

Пространственную разрешающую способность в центре УРИ можно определить одновременно с проверкой по п.3.6.1 при визуальном анализе изображения рентгеновской миры, расположенной в центре тест-объекта ТГН.

Видимое искажение изображения миры в центре приемника рентгеновского изображения недопустимо.

3.6.3.2. Анодное напряжение рентгеновской трубки U_a устанавливают равным 40 кВ (или минимальным, если 40 кВ установить не удастся), дополнительные фильтры не применяются².

3.6.3.3. Включают рентгеновский аппарат в режиме просвечивания (УРИ) и снимков (пленка). Анодный ток трубки выбирают с учетом оптимального восприятия изображения тест-объекта.

3.6.3.4. Величина пространственной разрешающей способности определяется по изображению миры не менее, чем 3 наблюдателями.

² Для маммографических аппаратов пространственная разрешающая способность контролируется при минимально возможном значении анодного напряжения.

Предел разрешения УРИ зависит от его класса и для телевизионного канала в центре изображения тест-объекта должен составлять:

не менее 0,8 пар·лин/ мм для УРИ первого класса (диаметр основного рабочего поля 300 мм);

не менее 1,1 пар·лин/ мм для УРИ второго класса (диаметр основного рабочего поля 215 мм);

не менее 1,6 пар·лин/ мм для УРИ третьего класса (диаметр основного рабочего поля 165 мм);

Пределы разрешений УРИ, отличающиеся от приведенных данных по диаметру рабочего поля и используемым телевизионным системам, должны указываться в технической документации на УРИ конкретного типа [6].

3.6.4. Определение контрастной чувствительности.

Контрастная чувствительность (пороговый контраст) определяется по изображению тест-объекта с деталями заданного контраста, располагаемого во входной плоскости приемника рентгеновского изображения.

Например, может быть использован тест-объект ТКЧ-03, который содержит пять алюминиевых дисков диаметром 15 мм, толщина которых при заданных условиях излучения обеспечивает контраст 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 и 3,0%.

3.6.4.1. Анодное напряжение рентгеновской трубки U_a устанавливают равным 70 кВ, дополнительный фильтр – 20 мм Al (качество излучения должно соответствовать СПО 7 мм Al). Допускается использование дополнительного фильтра 1 мм меди (Cu) вместо алюминиевого.

3.6.4.2. Анодный ток рентгеновской трубки выбирается из условий наилучшего визуального восприятия тест-объекта.

3.6.4.3. По изображению тест-объекта не менее чем 3 наблюдателями определяется количество различаемых дисков при заданных значениях мощности дозы излучения во входной плоскости приемника.

3.6.4.4. За величину порогового контраста принимается минимальная величина контраста тестового диска, изображение которого еще различается на изображении тест-объекта.

Для УРИ 1-3 классов данная величина не должна превышать 2% при мощности дозы в плоскости приемника не более 2 мкГр/с.

3.6.5. Определение динамического диапазона УРИ.

Динамический диапазон определяется отношением доз рентгеновского излучения, при которых обеспечивается различение 5% порогового контраста одновременно в нижнем и верхнем интервале рабочих мощностей доз.

Тест - объект динамического диапазона может иметь ,например, пять полей (одно в центре и 4 по краям) с различными уровнями поглощения рентгеновского излучения. Отношение уровня излучения заданного качества за каждым полем к уровню излучения за центральным рентгенопрозрачным полем составляет величину (динамический диапазон) - 50, 100, 200 и 400. На каждом из 5 полей закреплена алюминиевая деталь толщиной, соответствующей 5% контрасту.

Тест - объект располагается во входной плоскости УРИ.

Режим рентгеновского аппарата:

- анодное напряжение 70 кВ± 10%,
- дополнительный фильтр 2 мм Al, (суммарная фильтрация 4 мм Al)
- величина тока выбирается из условий получения оптимального восприятия изображения тест - объекта.

По изображению тест - объекта не менее чем 3 наблюдателями, должно быть определено количество полей, на которых различаются алюминиевые тесты, расположенные в центре каждого из полей.

Допускается в процессе наблюдения регулировать яркость изображения на мониторе.

3.6.6. Проверка неоднородности выходного изображения УРИ.

Проверку проводят в режиме просвечивания на основном рабочем поле УРИ. Анодное напряжение рентгеновской трубки устанавливают равным 40 кВ (или минимальное, если нет возможности установить 40 кВ), анодный ток трубки выбирают с учетом лучшего восприятия выходного изображения.

Оценивают отображаемое на экране ТВ монитора изображение чистого поля.

Отдельные точки (пятна) диаметром менее 0,5 мм учитывать не следует.

Допускается измерение размеров точек (пятен) проводить методом сравнения с эталоном заданных размеров, установленных во входной плоскости УРИ.

Скопление точек (более трех), удаленных друг от друга на расстояние, не превышающее удвоенный диаметр наименьшей точки (пятна), не допускается.

Точки (пятна) размером более 2,0 мм не допускаются [6].

3.6.7. Контроль качества рентгеновского изображения пленочных флюорографов (расположение и размер радиационного поля, размер рабочего поля кадра, пространственная разрешающая способность, контрастная чувствительность) проводится аналогично изложенному в п.п. 3.6.1, 3.6.3, 3.6.4, за исключением того, что оценивают изображение, полученное на флюорографической рентгеновской пленке.

Флюорографическая камера содержит входной люминесцентный экран размером 400 x 400 мм и фотокамеру, рассчитанную на получение кадра размером 70 x 70 мм, 100 x 100 мм или 110 x 110 мм на рулонной пленке (в зависимости от типа пленочного флюорографа).

Для оценки полученного изображения рентгеновскую пленку необходимо поместить на негатоскоп и рассматривать с помощью лупы.

Обычно размер рабочего поля кадра составляет:

для пленки шириной 70 мм - не менее 62 мм;

для пленки шириной 100 мм - не менее 92 мм.

Пространственная разрешающая способность в центре изображения находится в диапазоне 2,5 – 3,0 пар·лин/мм.

Основные характеристики изображения разных типов флюорографов приводятся в эксплуатационной документации. При соответствии полученных характеристик эксплуатационной документации контроль считается удовлетворительным.

3.6.8. Контроль качества рентгеновского изображения маммографических аппаратов проводится при использовании специальных тест-фантомов. Из выпускаемых тест-объектов западных фирм, можно отметить фантомы фирмы Victoreen и Kodak (США), РЕНАmed (Германия) и др. Они выполнены либо в виде набора тест-объектов, позволяющих определять один или несколько параметров изображения (например, пространственную разрешающую способность, контрастную чувствительность, характеристику «деталь-контраст» и пр.), либо в виде сложного многофункционального фантома, имитирующего элементы структуры молочной железы, в том числе малоконтрастные и мелкие сосуды молочной железы, микрокальцинаты и пр.

Рентгеновские пленки и усиливающие экраны, которые используются при проверке качества изображения, должны быть идентичны по типу используемым в практической работе пленкам и усиливающим экранам. При изменении типа пленки, условий рентгенографии и фотопротесса, необходимо провести повторную проверку качества изображения.

При испытаниях на столе для пациента устанавливают тест-фантом, выбирают типовые режимы экспозиции и делают снимки. На проявленной пленке с помощью негатоскопа и лупы оценивают характеристики данного маммографа и регистрируют их. При соответствии зарегистрированных

характеристик эксплуатационной документации на данный аппарат контроль считается удовлетворительным.

Обычно для пленочных маммографов пространственная разрешающая способность должна быть не хуже 15 пар линий/мм.

Контроль пространственной разрешающей способности осуществляется при минимальном анодном напряжении, устанавливаемом на пульте аппарата.

3.6.9. Контроль качества рентгеновского изображения ортопантомографов.

Основными характеристиками изображения в ортопантомографии являются:

- размер рабочего поля;
- толщина слоя изображения (зона в пространстве объекта, которая отображается на рентгенограмме с пространственной частотой, близкой к максимальной);
- коэффициент увеличения для центральной линии выделяемого слоя, который зависит от расстояний (фокус излучателя - центральная линия слоя - приемник изображения) и является величиной переменной, как по вертикали, так и по горизонтали;
- дисторсия, величина которой зависит от изменения соотношения коэффициентов увеличения в горизонтальной и вертикальной проекциях снимка;
- ортогональность, то есть отклонение от ортогональности падающего луча к плоскости выделяемого объекта в каждый момент перемещения системы излучатель приемник.

Испытания следует проводить в соответствии с методиками, изложенными в эксплуатационной документации, с помощью средств контроля, прилагаемых к аппарату.

Список литературы

1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.1192-03.
2. Технический паспорт на рентгеновский диагностический кабинет.
3. ГОСТ Р 50267.0.3-99. Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности. 3. Общие требования к защите от излучения в диагностических рентгеновских аппаратах.
4. ГОСТ Р 50267.7-95. Изделия медицинские электрические. Часть 2. Частные требования безопасности к рентгеновским питающим устройствам диагностических рентгеновских генераторов.
5. ГОСТ 26140-84. Аппараты рентгеновские медицинские. Общие технические условия.
6. ГОСТ 26141-84. Усилители рентгеновского изображения. Общие технические требования, методы испытаний.
7. ГОСТ Р МЭК 61262.1-99. Изделия медицинские электрические. Часть 1. Определение размера входного поля. Характеристики электронно-оптических усилителей рентгеновского изображения.
8. ГОСТ Р 50267.45-99. Изделия медицинские электрические. Часть 2. Частные требования безопасности к маммографическим устройствам для стереотаксиса.
9. ГОСТ Р МЭК 61223-2-11-2001. Оценка и контроль эксплуатационных параметров рентгеновской аппаратуры в отделениях (кабинетах) рентгенодиагностики. Часть 2.-11. Испытания на постоянство параметров. Аппараты для общей прямой рентгенографии..
10. Рентгеновские диагностические аппараты. В 2-х т. - Т.1 / Под ред. Н.Н. Блинова, Б.И.Леонова. - М: ВНИИМТ, НПО «Экран», 2001. - 220 с.
11. Рентгеновские диагностические аппараты. В 2-х т. - Т. 2 / Под ред. Н.Н. Блинова, Б.И.Леонова. - М.: ВНИИМТ, НПО «Экран», 2001.-208 с.

ГОСТ Р 50267.0.3—99

Таблица 204 — СЛОИ ПОЛОВИННОГО ОСЛАБЛЕНИЯ в РЕНТГЕНОВСКИХ АППАРАТАХ

Область применения	АНОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ		Минимально допустимый первый СЛОЙ ПОЛОВИННОГО ОСЛАБЛЕНИЯ, мм Al	
	Рабочий диапазон при НОРМАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ, кВ	Выбранное значение, кВ (см. примечание 1)		
Специальные низко-вольтовые процедуры	До 50 включ.	< 30	См. примечание 2 0,3 0,4 0,5	
		30		
		40		
		50		
Стоматология с внутриворотным ПРИЕМНИКОМ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ	От 50 до 70 включ.	50	1,5	
		60	1,5	
		70	1,5	
	От 50 до 90 включ.	50	1,5	
		60	1,8	
		70	2,1	
		80	2,3	
		90	2,5	
	Другие применения в стоматологии	От 50 до 70 включ.	50	1,2
			60	1,3
70			1,5	
От 50 до 125 включ.		50	1,5	
		60	1,8	
		70	2,1	
		80	2,3	
		90	2,5	
		100	2,7	
		110	3,0	
120	3,2			
125	3,3			
Другие применения	От 30 и выше	< 50	См. примечание 2 1,5 1,8 2,1 2,3 2,5 2,7 3,0 3,2 3,5 3,8 4,1 См. примечание 2	
		50		
		60		
		70		
		80		
		90		
		100		
		110		
		120		
		130		
		140		
		150		
		> 150		

Примечания
1 СЛОИ ПОЛОВИННОГО ОСЛАБЛЕНИЯ для промежуточных напряжений следует находить при помощи линейной интерполяции.
2 Здесь следует применить линейную экстраполяцию.