

Л.В. Владимиров, С.Г. Горра, Б.М. Кантер, А.А. Козлов,
В.А. Лыгин, А.Н. Рябкин, И.М. Рябочко

АППАРАТ ДЛЯ РЕНТГЕНОТЕРАПИИ «РЕНТГЕН-ТА 150/10»

Аннотация

Представлен рентгеновский аппарат для рентгенотерапии «Рентген-ТА 150/10». Диапазон напряжений рентгеновского излучателя – от 10 до 150 кВ. Ток – 10 мА. Аппарат удовлетворяет всем современным требованиям рентгенотерапии.

Рентгенотерапия является одним из ведущих методов лечения различных новообразований и неопухолевых заболеваний кожи и слизистых оболочек. Высокая эффективность, относительно низкий уровень радиационной опасности для больного и медицинского персонала, соответствие требованиям международных стандартов выгодно сочетаются с простотой и удобством применения, а также большой пропускной способностью и возможностью использования рентгенотерапии в амбулаторных условиях.

Одним из направлений деятельности ООО «СпектрАП» является разработка и производство рентгеновских аппаратов для рентгенотерапии. В настоящее время на смену выпускавшемуся ранее аппарату «Рентген-ТА» и его модификациям разработан новый аппарат «Рентген-ТА 150/10», удовлетворяющий современным требованиям безопасности [1].

В основу рентгенотерапии, выполняемой с помощью аппарата «Рентген-ТА 150/10», положен принцип вариации кожно-фокусного расстояния от источника излучения до объекта облучения при выбранных напряжении на рентгеновской трубке, анодном токе и экспозиции. Спектральный состав рентгеновского излучения регулируется фильтрами, устанавливаемыми на выходе излучателя.

Основными отличительными особенностями аппарата являются:

- установка «жесткой», однозначной связи между установленным фильтром и соответствующим напряжением генерирования рентгеновского излучения;
- наличие основной и дублирующей систем контроля лечебной дозы и отключения режима облучения;
- сохранение параметров заданной и отпущенной лечебных доз при внезапном отключении электроэнергии в течение 20 мин;
- постоянный мониторинг мощности дозы в выходной плоскости тубуса;
- возможность поставки аппарата с набором фильтров, отличающихся от базовой комплектации.

Автономная система водяного охлаждения рентгеновской трубки (поставляется по требованию заказчика) позволяет разместить аппарат в стандартном рентгенотерапевтическом кабинете в качестве

второго аппарата при поочередной (посменной) работе установленных аппаратов. Размещение рентгенотерапевтического аппарата в стандартном кабинете позволяет снизить затраты на его установку и во многих случаях отказаться от стационарного лечения, переходя к амбулаторному лечению без снижения клинического эффекта.

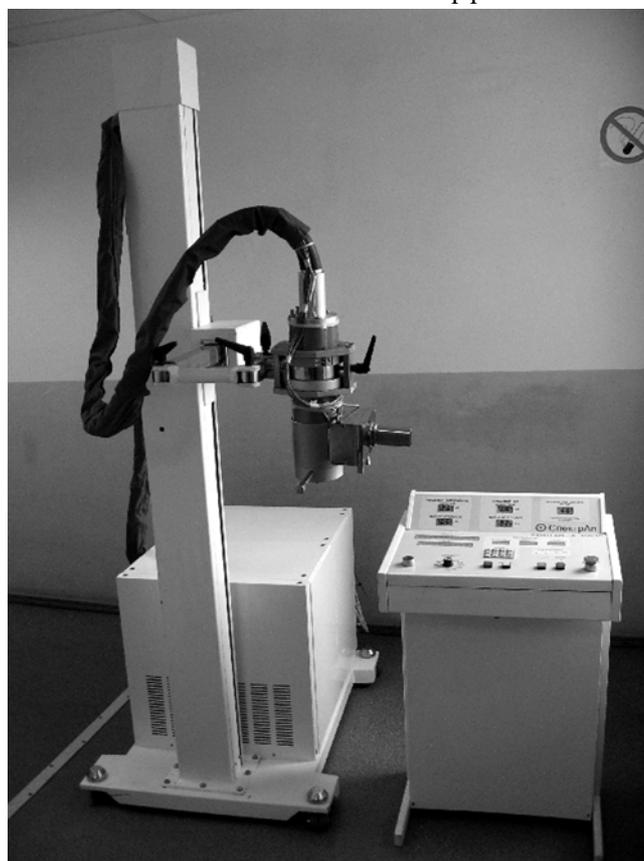


Рис. 1

Рентгенотерапевтический аппарат «Рентген-ТА 150/10» (рис. 1) конструктивно состоит из двух основных частей: пульта управления и штатива. На штативе аппарата устанавливаются: высоковольтный генератор, блоки формирования уставок напряжения и тока трубки, цепи коррекции сигнала детектора мощности дозы, вспомогательные источники питания, усилители с гальванической развязкой для передачи аналоговых сигналов, фиксаторы (электромагнитные тормоза) вертикального и

горизонтального перемещения кронштейна штатива, на котором установлен излучатель. На выходном окне излучателя расположен блок, в который устанавливаются и фиксируются фильтры и тубусы аппарата. В этом же блоке расположены системы распознавания типа установленных фильтра и тубуса, а также детектор мощности дозы излучения. На торце излучателя расположены ручки перемещения излучателя в положение выполнения лечебных процедур и кнопки управления фиксаторами. Нажатие на кнопку выводит кронштейн штатива из фиксации.

В пульте управления расположены блоки: управления питанием, режимами работы, индикации состояния, автоматической блокировки излучения, индикации установленных фильтра и тубуса, уставок и действующих значений напряжения и тока рентгеновской трубки, мощности дозы излучения на срезе тубуса, индикаторы заданного и отпущенного значений экспозиции, два монитора экспозиции.

Передача команд управления и получения сигналов из штатива аппарата производится по линиям связи типа «токовая петля» с гальванической развязкой. Получение информации об уставках и действующих значениях напряжения и тока рентгеновской трубки, о мощности дозы излучения на срезе тубуса производится в аналоговом виде: напряжение соответствует значению параметра. Для обеспечения развязки применены изолирующие усилители.

На рис. 2 представлена блок-схема электрической стыковки основных частей аппарата: пульта управления, штатива, излучателя и автономной системы охлаждения.



Рис. 2. Блок-схема основных частей аппарата

В пульте управления, который выполнен в виде стола-стойки, размещена система управления аппаратом. На лицевой панели пульта управления расположены органы управления аппаратом и средства контроля его состояния и режимов: кнопка включения питающей сети со встроенным световым сигналом «Сеть», кнопка аварийного отключения питания аппарата, кнопка «Применить», подтверждающая выбранный режим облучения, кнопки включения и отключения режима облучения, блок оцифрованных кнопок набора интервала облучения, кнопка «Сброс» для обнуления монитора экспозиции, цифровой индикатор заданной экспозиции, 2 цифровых индикатора мониторов отпущенной экспозиции, индикатор типа дополнительного фильтра, индикатор типа тубуса, цифро-

вые индикаторы уставок анодного напряжения и тока, цифровые индикаторы фактических значений анодного напряжения и тока, цифровой индикатор мощности дозы на выходной плоскости тубуса, светодиодные индикаторы (красного цвета) блокировок включения излучения: «Генератор», «Охлаждение», «Дверь», «Фильтр», светодиодные индикаторы режимов работы: «Готовность» (зеленый), «Облучение» (желто-оранжевый), переключатель уставок напряжения для тренировки рентгеновской трубки.

Штатив аппарата предназначен для установки и выведения излучателя в положение, необходимое для выполнения лечебных процедур. С целью удобства эксплуатации аппарата в лечебных учреждениях на штативе установлены: высоковольтный генератор, плата согласования, формирователи уставок напряжения и тока рентгеновской трубки, блоки гальванической развязки. Все электронные узлы штатива монтируются на его основании и одновременно служат противовесом. На передней панели штатива расположены разъемы для электрической стыковки штатива и пульта управления. По требованиям ГОСТа [2] аппарат должен иметь жесткую связь между установленным дополнительным фильтром и анодным напряжением на рентгеновской трубке. Поэтому уставка напряжения в аппарате формируется автоматически при установке фильтра в излучатель. Каждый съемный дополнительный фильтр на боковой стороне имеет свои сквозные отверстия, по которым происходит считывание его типа. Соответствие уставок напряжений и дополнительных фильтров приведено в табл. 1.

В табл. 2 представлены фильтры, применяемые по стандарту HBS США. По отдельному требованию заказчика аппарат может быть укомплектован фильтрами по этому стандарту или другими оригинальными фильтрами, при этом общее число фильтров базовых и оригинальных не должно быть больше восьми. Имеется также возможность изменить уставки напряжения на трубке аппарата, используя стандарт HBS. Состав фильтров и соответствующих им напряжений генерирования рентгеновского излучения определяется при заказе аппарата. Базовый состав фильтров определен производителем, исходя из опыта эксплуатации аналогичных аппаратов отечественного и импортного производства.

Основной излучатель является металлокерамическая рентгеновская трубка MXR-161 производства фирмы «Comet». На выходном окне трубки установлена насадка, в которой расположены следующие устройства: узел фиксации дополнительного фильтра, узел фиксации тубуса, датчик типа фильтра, датчик типа тубуса, датчик монитора дозы, кнопки управления электромагнитными тормозами штатива и ручки перемещения излучателя. Трубка имеет выходное окно из бериллия толщиной 0,8 мм. В корпус трубки встроена защита от неиспользуемого рентгеновского излучения, обеспечивающая мощность дозы рассеянной радиации на расстоянии от фокуса трубки 1 м не более 1 мЗв/ч. Максимальная мощ-

Значения радиационного выхода для различных величин напряжений, кожно-фокусных расстояний и типов тубусов

Анодное напряжение U_a , кВ	Фильтр	Тубус		Мощность радиационного выхода, мониторинговые единицы мощности дозы*	Доза на срезе тубуса на 100 мониторинговых единиц экспозиции, Гр
		Кожно-фокусное расстояние, мм	Поперечное сечение на выходе тубуса, мм		
10	1 Be	200	Круг, D = 15	49	4,89
			Круг, D = 25	51	5,11
			Круг, D = 35	50	4,96
			Круг, D = 50	50	4,96
			Овал, 25x15	51	5,09
			Овал, 38x15	50	5,04
		300	Круг, D = 20	17	1,65
			Круг, D = 30	17	1,65
			Круг, D = 40	17	1,65
			Круг, D = 100	17	1,67
30	0,3 Al	200	Круг, D = 15	45	4,45
			Круг, D = 25	45	4,49
			Круг, D = 35	45	4,52
			Круг, D = 50	45	4,49
			Овал, 25x15	45	4,49
			Овал, 38x15	46	4,58
		300	Круг, D = 20	19	1,86
			Круг, D = 30	19	1,93
			Круг, D = 40	19	1,89
			Круг, D = 100	19	1,90
50	0,4 Al	200	Круг, D = 15	51	5,11
			Круг, D = 25	52	5,19
			Круг, D = 35	52	5,19
			Круг, D = 50	52	5,22
			Овал, 25x15	51	5,13
			Овал, 38x15	53	5,31
		300	Круг, D = 20	22	2,21
			Круг, D = 30	22	2,24
			Круг, D = 40	22	2,21
			Круг, D = 100	23	2,25
70	1,0 Al	200	Круг, D = 15	48	4,78
			Круг, D = 25	49	4,89
			Круг, D = 35	49	4,89
			Круг, D = 50	49	4,93
			Овал, 25x15	48	4,81
			Овал, 38x15	51	5,07
		300	Круг, D = 20	21	2,11
			Круг, D = 30	21	2,11
			Круг, D = 40	21	2,07
			Круг, D = 100	21	2,12

ность трубки – 3 кВт. Максимальное напряжение – 150 кВ. Номинальный ток трубки – 10 мА. Безопасная эксплуатация трубки гарантируется только при нормальной работе системы охлаждения, охлаждающая жидкость которой может быть либо подключена извне в виде проточной воды из водо-

провода, либо функционировать в автономной системе в виде какого-либо хладагента. При охлаждении проточной водой контроль потока и температуры воды осуществляется соответствующими датчиками, которые при недопустимых параметрах (расход менее 6 л/мин или температура выше 40 °С)

* 1 мониторинговая единица мощности дозы приблизительно равна 1 мГр/с.

Таблица 1 (окончание)

Анодное напряжение U_a , кВ	Фильтр	Тубус		Мощность радиационного выхода, мониторные единицы мощности дозы*	Доза на срезе тубуса на 100 мониторных единиц экспозиции, Гр
		Кожно-фокусное расстояние, мм	Поперечное сечение на выходе тубуса, мм		
80	1,6 Al	200	Круг, D = 15	36	3,64
			Круг, D = 25	37	3,74
			Круг, D = 35	38	3,75
			Круг, D = 50	38	3,81
			Овал, 25x15	37	3,67
			Овал, 38x15	39	3,86
		300	Круг, D = 20	16	1,60
			Круг, D = 30	16	1,58
			Круг, D = 40	16	1,58
			Круг, D = 100	16	1,60
100	0,1Cu + 1,8Al	200	Круг, D = 15	24	2,40
			Круг, D = 25	25	2,45
			Круг, D = 35	25	2,45
			Круг, D = 50	25	2,50
			Овал, 25x15	24	2,43
			Овал, 38x15	26	2,55
		300	Круг, D = 20	11	1,08
			Круг, D = 30	11	1,08
			Круг, D = 40	11	1,06
			Круг, D = 100	11	1,08
120	0,3 Cu + 1,0 Al	200	Круг, D = 15	18	1,79
			Круг, D = 25	18	1,83
			Круг, D = 35	19	1,86
			Круг, D = 50	19	1,90
			Овал, 25x15	18	1,81
			Овал, 38x15	19	1,91
		300	Круг, D = 20	8	0,81
			Круг, D = 30	8	0,80
			Круг, D = 40	8	0,80
			Круг, D = 100	8	0,82
150	0,5 Cu + 1,0 Al	200	Круг, D = 15	28	2,75
			Круг, D = 25	28	2,83
			Круг, D = 35	29	2,86
			Круг, D = 50	29	2,90
			Овал, 25x15	28	2,77
			Овал, 38x15	29	2,93
		300	Круг, D = 20	12	1,22
			Круг, D = 30	12	1,22
			Круг, D = 40	12	1,22
			Круг, D = 100	13	1,25

выключают излучение независимо друг от друга. Автономная система охлаждения имеет замкнутый контур циркуляции охлаждающей жидкости и состоит из насоса, двух вентиляторов, реле управления, таймера с задержкой при выключении излучения и датчиков контроля состояния охлаждающей жидкости, которые также выключают питание рентгеновского излучателя, прекращая излучение при сбоях в работе охлаждающей системы. Например, после выключения рентгеновской трубки охлажда-

ющая жидкость должна протекать через анод в течение 2 мин для исключения перегрева. При первом включении аппарата, а также при продолжительных перерывах в работе трубке необходима тренировка. Для этого в аппарате предусмотрен режим тренировки с соответствующими органами управления на пульте аппарата.

По требованию заказчика с аппаратом поставляется автономная замкнутая система охлаждения, заполненная антифризом. Конструктивно автоном-

Соответствие напряжений и фильтров, примененных в аппарате «Рентген ТА 150/10» и рекомендуемых стандартом HBS (США)

Слабая фильтрация	Напряжение, кВ	10	15	20	30	50	
	HBS	1 мм Be	1 мм Be	1 мм Be	1 мм Be + 0,5Al	1 мм Be + 1 мм Al	
	Рентген ТА 150/10	1 мм Be	–	–	1 мм Be + 0,3 мм Al	1 мм Be + 0,4 мм Al	
Средняя фильтрация	Напряжение, кВ	60	70	80	100	120	150
	HBS	4 мм Al	4 мм Al	–	1 мм Al	–	0,25 мм Cu + 1 мм Al
	Рентген ТА 150/10	–	1 мм Al	1,6 мм Al	0,1 мм Cu + 1,8 мм Al	0,3 мм Cu + 1 мм Al	0,5 мм Cu + 1 мм Al
Сильная фильтрация	Напряжение, кВ	50	60	100	150	200	250
	HBS	0,12 мм Pb + 1 мм Al	0,6 мм Cu + 1 мм Al	5 мм Cu + 1 мм Al	1,5 мм Sn + 4 мм Cu + 1 мм Al	0,7 мм Pb + 4 мм Sn + 0,6 мм Cu + 1 мм Al	2,7 мм Pb + 1 мм Sn + 0,6 мм Cu + 1 мм Al
	Рентген ТА 150/10	Фильтры для сильной фильтрации могут быть изготовлены по отдельному заказу				Вне диапазона напряжений для «Рентген ТА 150/10»	

Основные технические характеристики

Питание: однофазная сеть, В; Гц	220; 50
Максимальная потребляемая мощность, кВА: - без автономной системы охлаждения - с автономной системой охлаждения	1,8 2,1
Диапазон анодного напряжения на трубке, кВ	10...150
Ток трубки, мА	10
Максимальная мощность генератора, кВт	3
Диапазон уставок лечебной дозы, м.е. (мониторных единиц)	10...999
Время установления анодного напряжения, с, не более	3
Допустимое отклонение воспроизводимости радиационного выхода, %, не более	± 2
Допустимое отклонение линейности радиационного выхода, %, не более	± 2
Угол раствора рабочего пучка рентгеновского излучения, град.	40
Собственная фильтрация излучателя	1,0 мм Be
Поворот выходного окна излучателя относительно продольной оси на угол, град.	270
Уровень неиспользуемого излучения рентгеновского излучателя при закрытом выходном окне трубки на расстоянии 1 м от опорного центра (фокусного пятна) в любом направлении, мГр/ч, не более	0,35
Количество тубусов для формирования поля излучения на фокусном расстоянии, шт.	10
Количество фильтров, шт.	8
Вертикальное перемещение рентгеновского излучателя вручную от уровня пола до оси держателя излучателя, мм	от 490 ± 10 до 1400 ± 10
Горизонтальное перемещение рентгеновского излучателя вручную, мм	570
Угол поворота вокруг оси колонны, град., не менее	± 75
Угол поворота излучателя в держателе горизонтально и вертикально, град., не менее	300
Усилие перемещения подвижных частей штатива, Н, не более	40
Усилие торможения горизонтального перемещения излучателя, Н, не менее	60
Усилие торможения всех остальных перемещений штатива, каретки, излучателя, Н, не менее	150
В комплект аппарата ходит укладочный стол П-1 с педальным гидроприводом и грузоподъемностью, кг, не более	160

ная система охлаждения выполнена в виде отдельного устройства на колесах для облегчения установки в кабинете лучевой терапии.

Дозиметрические показатели аппарата представлены в *табл. 1*.

Примечание. Соответствие между дозами, выраженными в мониторных единицах на пульте аппарата, а также в *табл. 1*, и поверхностными и глубинными дозами в тканеэквивалентных фантомах определяется специальными подразделениями дозиметрического контроля, имеющими лицензированные права на данный вид деятельности.

Основные технические характеристики приведены в *табл. 3*.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 50267.8-93 (МЭК 601-2-8-87) Изделия медицинские электрические. Часть 2. Частные требования безопасности к терапевтическим рентгеновским аппаратам напряжением от 10 кВ до 1 МВ.

Лев Владимирович Владимиров,
д-р техн. наук, зав. сектором,
Сергей Георгиевич Горра,
зав. сектором,
Борис Менделевич Кантер,
д-р техн. наук, ген. директор,
Александр Александрович Козлов,
ст. научный сотрудник,
Владимир Александрович Лыгин,
зав. сектором,
Андрей Николаевич Рябкин,
вед. инженер,
Иосиф Мешкович Рябочко,
зав. сектором,
ООО «СпектрАП»,
г. Москва,
e-mail: aleks36@inbox.ru

В.О. Гадецкий, В.В. Кабаченко, С.Ю. Каперусов, А.В. Кострицкий, А.В. Хмельников

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАБИНЕТА ПОДВИЖНОГО МАММОГРАФИЧЕСКОГО ЦИФРОВОГО

Аннотация

В статье описаны оборудование и функционал системы архивации и передачи изображений (PACS), входящие в состав подвижных цифровых маммографических кабинетов производства ЗАО «Рентгенпром». Система предназначена для автоматизации процесса проведения как диагностических, так и скрининговых маммографических обследований населения. Описываются особенности работы, детали устройства и опыт эксплуатации данной системы.

Маммографический скрининг рака молочной железы (РМЖ) в настоящий момент является основным методом доклинической диагностики опухолей молочной железы. Скрининг молочной железы – массовое профилактическое обследование здорового контингента женщин с целью первичного выявления злокачественных новообразований.

Начиная с 2007 г. ЗАО «Рентгенпром» выпускает подвижные маммографические кабинеты (Кабинет маммографический подвижной цифровой – КМПЦ). В дополнение к аппарату «Маммо-Р-Амиго» КМПЦ комплектуется системой компьютеризированной рентгенографии (Computed Radiography – CR-система), которая способна работать в маммографическом режиме. Данная система позволяет получать цифровое рентгеновское изображение посредством сканирования кассет со специальным экраном, содержащим стимулируемый люминофор. CR-система – это аппаратный комплекс, состоящий из CR-сканера и компьютеризированного рабочего места, со специальным программным обеспечением, предназначенным для работы со сканером и проведения процесса обследования.

Совокупность аппарата «Маммо-Р» и CR-системы превращает их в целостную цифровую маммографическую систему. Работа с цифровыми снимками диктует необходимость наличия у такой маммографической системы определенных аппаратно-программных средств, описанию которых посвящена данная статья.

Общий вид КМПЦ на базе шасси «КАМАЗ-65115» с маммографом «Маммо-Р» представлен на *рис. 1*. Все пространство фургона разделено на две части: процедурную и помещение для работы персонала. В процедурной находятся маммографический аппарат «Маммо-Р» и рентгенозащитная ширма с окном из свинцового стекла и вешалкой для одежды.

Помещение с персоналом отделено от процедурной прозрачной поликарбонатной перегородкой. В отдельном боксе под фургоном может быть установлена дизельная миниэлектростанция, что дает возможность проводить обследования вдали от электрических сетей.

В состав компьютерного оборудования, установленного в помещении для персонала, входят следующие элементы: