

## Портативные технические средства рентгенодиагностики для стоматологии

### Аннотация

Описаны особенности конструкций и основные характеристики отечественных и некоторых зарубежных портативных дентальных аппаратов. Представлены результаты дозиметрических исследований первого отечественного портативного дентального аппарата семейства «ПАРДУС». Оценены перспективы использования портативных технических средств рентгенодиагностики в медицине.

### Введение

Несколько лет назад в рентгенологической практике отечественной стоматологии и челюстно-лицевой хирургии появились портативные дентальные рентгеновские аппараты [1]-[3].

Принципиальное отличие портативных аппаратов от традиционных – стационарных – заключается в том, что их конструкция позволяет проводить диагностические исследования без использования штатива. Медперсонал выполняет рентгеновскую съемку, удерживая аппарат непосредственно в руках. Благодаря этому портативные рентгеновские аппараты можно эффективно использовать в неспециализированных и нестационарных, в том числе полевых и военно-полевых, условиях.

В настоящее время портативные дентальные аппараты выпускаются в США и Юго-Восточной Азии (в основном в Южной Корее и Китае). Отечественные портативные аппараты семейства «ПАРДУС» являются одними из первых в мире, а также первыми и по сей день единственными выпускаемыми в нашей стране.

### Материалы и методы

Технология «ручной» дентальной съемки портативными рентгеновскими аппаратами показана на *рис. 1* и *2*. В конструкции корпуса американского и российского аппаратов предусмотрена специальная рукоятка, за которую при проведении исследований рентгенлаборант держит аппарат одной рукой, как при стрельбе из пистолета. Вторая рука, в случае не-

обходимости, помогает «нацелить» тубус аппарата на диагностируемый участок челюстно-лицевого отдела (*рис. 1*).

В азиатских аппаратах рукоятка не предусмотрена; рентгенлаборант при проведении исследований держит его двумя руками, как при съемке фотоаппаратом (*рис. 2*). Однако по отзывам стоматологов из числа крепких мужчин, наиболее легкий из азиатских – аппарат DX-3000 – (весом до 2 кг) при съемке вполне можно удержать и одной рукой.

Принципиальное отличие российского аппарата от всех других известных конструкций портативных аппаратов заключается в использовании отечественной рентгеновской трубки с размером фокусного пятна около 0,1 мм. Благодаря этому исследования проводятся по методике микрофокусной дентальной рентгенографии [4], обеспечивающей снижение экспозиционной дозы излучения при съемке на порядок и более. Поскольку глубина резкости при микрофокусной съемке не ограничена, методика позволяет в процессе выполнения снимка непосредственно упираться торцом тубуса аппарата в диагностируемый участок челюстно-лицевого отдела. Этот прием не применяется при эксплуатации любого другого портативного или стационарного аппарата, а потому незнаком и непривычен для специалистов. Однако он позволяет повысить точность «прицеливания», в том числе исключить нерезкость («смаз») изображения из-за возможного тремора рук рентгенлаборанта или головы пациента. В конечном счете это дает возможность получать качественные внутриворотные снимки без использования специального держателя (позиционера) для дентального датчика.



Рис. 1. Проведение дентальной съемки портативным дентальным аппаратом «NOMAD» (США)

Первая партия отечественных цифровых рентгенодиагностических комплексов «ПАРДУС-Стома» в количестве нескольких десятков штук была поставлена в основном в лечебные учреждения Минобороны России в 2010 году. В состав комплекса входили: портативный рентгеновский аппарат «ПАРДУС-Р» со сменным аккумуляторным источником питания и зарядным устройством, устройство визуализации рентгеновского изображения «РЕНТГЕНОВИДЕОГРАФ», а также персональный компьютер (ноутбук) с установленным спе-

циализированным программным обеспечением. Весь комплект аппаратуры располагался в одной транспортной сумке; общий вес комплекта составлял 12 кг.

Разбросанность поставок аппаратов из этой партии по различным подразделениям медицинской службы Минобороны России затруднила сбор информации об опыте эксплуатации всех комплексов. Однако и полученных отзывов хватило для того, чтобы сформулировать требования по усовершенствованию конструкции комплекса, в первую очередь рентгено-



Рис. 2. Проведение дентальной съемки портативным дентальным аппаратом «Dexowin» (Корея)



Рис. 3. Модернизированный портативный рентгеновский аппарат «ПАРДУС-Р»

Таблица 1

**Характеристики портативных дентальных аппаратов**

Характеристика	AnyRay («Vatech», Корея)	DX-3000 («Dexowin», Корея)	NOMAD («Aribex», США)	ПАРДУС-Р («ЭЛТЕХ-Мед», Россия)	
				Модель 2010	Модель 2014
Напряжение, кВ	60	60	60	50...70	55...65
Средний анодный ток, мА	2	1	2,3	0,15	0,15
Диаметр фокусного пятна, мм	0,8	0,8	0,4	d 0,1	d 0,2
Вес, кг	2,6	1,8	н 4,0	н 4,0	2,1

вского аппарата. Основными требованиями, обобщенными в ходе специальных исследований [5], стали:

- снижение веса;
- увеличение ресурса работы (количества выполненных рентгеновских снимков от полностью заряженного аккумулятора).

В результате проведенной модернизации появился портативный рентгеновский аппарат «ПАРДУС-Р» образца 2014 года (рис. 3). Он имеет почти в два раза меньший вес по сравнению с аппаратом образца 2010 года. Современный эстетичный, а главное эргономичный корпус дополнительно позволяет распределить вес конструкции на предплечье. Это значительно упрощает процесс «прицеливания» при съемке и позволяет освободить вторую руку рентгенолаборанта, которой теперь можно осуществлять контроль положения головы пациента или приемника изображения, устройства визуализации в его ротовой полости и т. п.

Кроме того, в конструкции источника питания использованы более энергоемкие аккумуляторы, что позволяет в случае необходимости увеличить количество снимков, выполненных на одной зарядке с 60 до 500!

Технические характеристики модернизированного аппарата в сравнении с характеристиками наиболее распространенных в отечественной практике зарубежных портативных аппаратов приведены в табл. 1. Анализ данных таблицы показывает, что при сравнимых характеристиках – напряжении, времени экспозиции, габаритах и весе – ток рентгеновской трубки отечественных аппаратов примерно (по меньшей мере) в 10 раз ниже, чем у зарубежных образцов. Благодаря этому рентгенодиагностические исследования на аппаратах семейства «ПАРДУС» проводятся при чрезвычайно низкой экспозиционной дозе излучения, что обеспечивает меньшую радиационную нагрузку на медперсонал по сравнению с любым другим портативным дентальным аппаратом.

Поскольку при проведении исследований портативным аппаратом рентгенолаборант находится в непосредственной близости от источника рентгеновского излучения, важнейшее значение имеют вопросы обеспечения безопасных условий работы для медперсонала.

## Результаты и обсуждение

С целью определения конкретной величины радиационной нагрузки (доз рентгенолаборанта и пациента) при проведении дентальной съемки портативными аппаратами семейства «ПАРДУС» на базе ФГУ НИИРГ, а также аккредитованной организации ООО «Коралл» в соответствии с МУ 2.6.1.1982-05 были проведены специальные исследования.

Результаты измерений доз рентгенолаборанта и пациента за один снимок, а также так называемая картина дозного поля при прицельной дентальной съемке представлены на рис. 4 и приведены в табл. 2 [6].

Таблица 2

### Эффективные дозы рентгенолаборанта и пациента при прицельной дентальной съемке портативным аппаратом «ПАРДУС-Р» (за один снимок)

Орган	Дэфф, мкЗв
Рентгенолаборанта:	
Кисть	0,16
Голова	0,13
Грудь	0,27*
Низ живота	0,46*
Ноги	0,02
$\Sigma = 0,31 (1,04^*)$	
Пациента:	
Голова	0,5...1**,***
* Без использования рентгенолаборантом рентгенозащитного фартука. ** Эффективная доза пассажира самолета за 10 ч полета на высоте 10...12 тыс. м (трансконтинентальный перелет) составляет около 50 мкЗв. *** В зависимости от режима съемки.	

Анализ полученных результатов показывает, что

- доза рентгенолаборанта за год при условии выполнения 15000 снимков (300 снимков в неделю, 50 рабочих недель в году) с использованием рентгенозащитного фартука составляет менее 5 мЗв. При этом, в соответствии с СанПиН 2.6.1.2523, допустимая доза для медперсонала группы А составляет 20 мЗв;
- доза на расстоянии 2 м по оси пучка рентгеновского излучения при тех же условиях составляет менее 1 мЗв, что, в соответствии с действующими нормами, не превышает допустимую дозу не только для медперсонала групп А и Б, но и для категории «все остальное население».

Пострегистрационные клинические испытания модернизированного комплекса «ПАРДУС-Стом» в соответствии с указанием начальника ГВМУ Минобороны России были проведены на базе стоматологического отделения ФКУ «Медицинский учебно-научный клинический центр им. П.В. Мандрыка» Минобороны России. В результате испытаний были

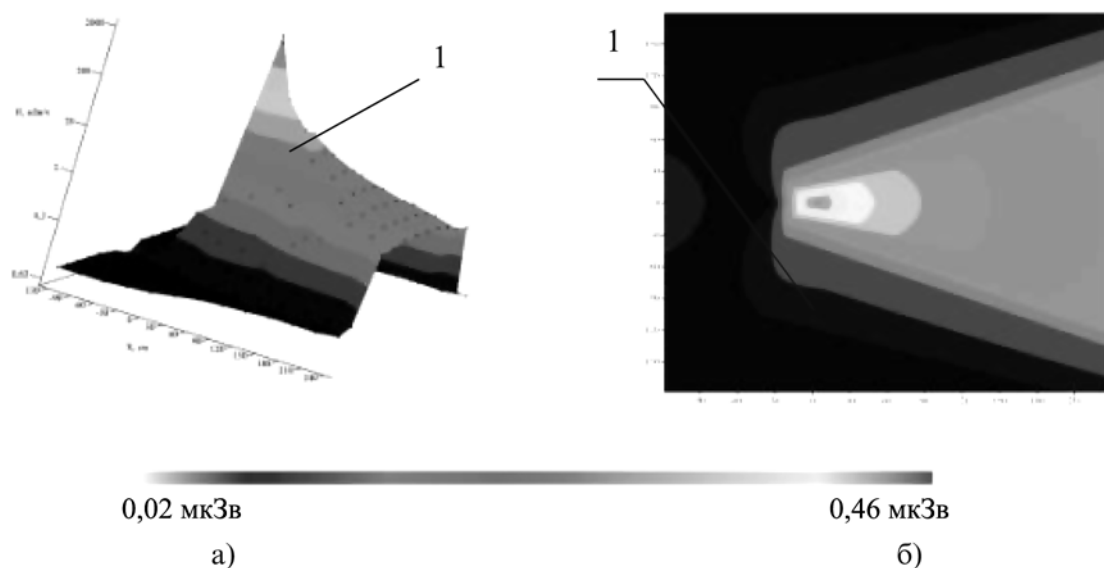


Рис. 4. Картина дозного поля при прицельной дентальной съемке: а) в вертикальной плоскости; б) в горизонтальной плоскости (1 – торец тубуса рентгеновского аппарата)

отмечены «хорошие функциональные качества аппарата». По общему мнению сотрудников этого Центра, а также специалистов ФГКУ «Главный военный клинический госпиталь им. акад. Н.Н. Бурденко», применение портативного аппарата в практике стоматологического отделения улучшило качество работы врача-стоматолога в различных клинических ситуациях, а также повысило интенсивность лечебно-диагностического процесса, поскольку позволило проводить диагностику непосредственно в стоматологическом кабинете, выбирать тактику и осуществлять контроль за проводимым лечением [7].

### Заключение

Достиженные после модернизации массогабаритные характеристики портативного дентального аппарата «ПАРДУС-Р» не являются конечными. Дополнительно проведенные оценки показывают, что в случае использования специализированной дентальной рентгеновской трубки вес аппарата может быть снижен до рекордного на сегодняшний день значения – 1,5 кг. Соответственно будут уменьшены и габариты аппарата при полном сохранении диагностических и потребительских качеств.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках проекта по теме «Создание портативной установки для микрофокусной рентгенографии с целью оперативного контроля микроструктуры, физико-химических свойств и определения остаточного ресурса авиационных деталей и узлов из полимерных композиционных материалов». Номер проекта 15-19-00259.*

#### Список литературы:

1. Потрахов Е.Н. Портативные рентгенодиагностические комплексы семейства «ПАРДУС» // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2009. № 4 (28). С. 100-101.
2. Васильев А.Ю., Петровская В.В., Перова Н.Г., Серова Н.С., Алпатова В.Г., Потрахов Н.Н., Грязнов А.Ю., Потрахов Е.Н., Селягина А.С. Малодозовая микрофокусная рентгенография в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии // Радиология-практика. 2011. № 6. С. 26-33.

3. Климов А.С., Гребнев Г.А., Сливкин А.А., Иорданишвили А.К., Потрахов Н.Н. О совершенствовании амбулаторной стоматологической помощи военнослужащим из числа молодого пополнения // Военно-медицинский журнал. 2013. Т. 334. № 3. С. 4-11.
4. Потрахов Н.Н., Грязнов А.Ю., Барковский А.Н. Радиационная нагрузка при проведении рентгенодиагностических исследований методом микрофокусной рентгенографии // Радиационная гигиена. 2008. Т. 1. № 1. С. 1-5.
5. Отчет по НИР № 1/121 «Разработка предложений по совершенствованию технических характеристик портативного цифрового рентгенодиагностического комплекса «ПАРДУС-Стома» / СПбГЭТУ. ВМА им. С.М. Кирова. 28.01.2008 г. 45 с.
6. Потрахов Е.Н. Радиационная нагрузка при применении портативных рентгеновских аппаратов семейства «ПАРДУС» в стоматологии // Медицинская техника. 2012. № 5. С. 37-40.
7. Протокол № 1/2014 «О проведении пострегистрационных клинических испытаний портативного рентгенодиагностического стоматологического острофокусного комплекса «ПАРДУС-Стома» / Москва. ФКУ «МУНКЦ им. П.В. Мандрыка» Минобороны России. 22.01.2014 г. 6 с.

*Николай Николаевич Потрахов,  
д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой,  
Юрий Николаевич Потрахов,  
аспирант,  
кафедра электронных приборов и устройств,  
ведущий инженер,  
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им. В.И. Ульянова (Ленина)»,  
г. С.-Петербург,  
e-mail: kzhamova@gmail.com*

**Б.М. Кантер, Б.В. Артемьев, Л.В. Владимиров, И.Б. Артемьев**

## Проблемы рентгеновской медицинской диагностики

### Аннотация

В статье проанализированы текущие проблемы медицинской рентгеновской диагностики. Рассмотрена конструкция проходной ионизационной камеры для регистрации дозы и мощности дозы в широком диапазоне энергий тормозного излучения. Поставлены вопросы унификации оборудования и создания универсальной цифровой платформы для рентгенотерапевтических аппаратов как основы для производства современных, производительных, безопасных и надежных рентгенотерапевтических аппаратов с различными вариантами исполнения по напряжению и мощности питающего устройства от единиц до десятков киловатт. Рассмотрены также: состояние рентгенодиагностики в целом и качество рентгеновских аппаратов; проблема измерения дозы облучения пациентов техногенного происхождения; применение цифровых технологий, позволяющих получать качество цифровых изображений, не уступающее и даже превосходящее качество пленочных снимков при одновременном существенном снижении эффективной дозы на обследование, использование преимуществ компьютерной обработки; лечение нозологической группы заболеваний с помощью лучевой терапии; потребность в радиотерапевтических системах с линейными медицинскими ускорителями электронов; радиационная безопасность персонала и населения; малогабаритные передвижные технические средства, позволяющие проводить рентгенодиагностические исследования у пациента; юридические и технические аспекты. Предложена специализированная программа для оценки квантовой эффективности регистрации цифровых приемников рентгеновского изображения, работающих в динамическом режиме.

Круглый стол, прошедший 4 марта в рамках деловой программы форума «Территория NDT-2016» по теме «Проблемы медицинской рентгеновской диагностики», был посвящен основным проблемам медицинской рентгеновской диагностики, включая анализ аппаратов для рентгенотерапии с системами мониторинга лечебной дозы и мощности дозы; внедрению цифровых методов регистрации ионизирующего излучения, а также встроенным системам контроля рентгеновских диагности-

ческих аппаратов. Организаторы: ООО «СпектрАП», ЗАО «НИИИИ МНПО «Спектр», ФГБУ «ВНИИИИМТ» и Испытательный лабораторный центр ООО «КАНОН». На заседании круглого стола были заслушаны и обсуждены следующие темы.

В докладе «Квазивоздухоэквивалентная ионизационная камера для регистрации радиационного выхода рентгенотерапевтических аппаратов» авторы Л.В. Владимиров, И.Б. Артемьев, А.А. Козлов (ЗАО «НИИИИ МНПО «СПЕКТР») рас-