

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017
УДК [616-073.75-7]:355

Использование некоторых современных рентгенодиагностических аппаратов и комплексов в полевых условиях

ЖЕЛЕЗНЯК И.С., доктор медицинских наук, подполковник медицинской службы (igzh@bk.ru)¹
ТРУФАНОВ Г.Е., профессор, полковник медицинской службы запаса (renigenvma@mail.ru)¹
ТРОЯН В.Н., доктор медицинских наук, полковник медицинской службы²
АКИЕВ Р.М., кандидат медицинских наук, подполковник медицинской службы запаса¹
АНОХИН Д.Ю., капитан медицинской службы¹
БАГНЕНКО С.С., доктор медицинских наук, подполковник медицинской службы¹
НАУМОВ А.В., капитан медицинской службы³

¹Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова, Санкт-Петербург; ²Главный военный клинический госпиталь им. Н.Н.Бурденко, Москва; ³ГосНИИИ военной медицины МО РФ, Санкт-Петербург

Проведена оценка применения некоторых образцов отечественного рентгеновского оборудования в полевых условиях. Объектами изучения являлись подвижной рентгенодиагностический комплекс «Полюс» и портативные рентгеновские аппараты. В ходе исследования был выявлен ряд конструктивных недостатков подвижного рентгеновского оборудования и предложены пути его модернизации.

К л ю ч е в ы е с л о в а: портативные рентгеновские аппараты, подвижный рентгенодиагностический комплекс, полевые условия.

Zheleznyak I.S., Trufanov G.E., Troyan V.N., Akiev R.M., Anokhin D.Yu., Bagnenko S.S., Naumov A.V. — The use of some modern X-ray systems and devices under the field conditions. The evaluation of the use of certain types of domestic X-ray equipment under the field conditions is performed. The objects of study were mobile X-ray complex «Polus» and portable X-ray machines. The study identified a number of structural shortcomings of the mobile X-ray equipment and the ways of its modernization.

К е у в о р д s: portable X-ray machines, mobile X-ray complex, field conditions.

Важной составляющей оказания медицинской помощи военнослужащим при обеспечении боевых действий являются диагностические мероприятия, одно из основных мест среди которых по-прежнему занимает рентгенодиагностика.

Очевидно, что в лечении боевой хирургической травмы, отличающейся большим разнообразием повреждений органов и систем, тяжестью течения и высокой вероятностью неблагоприятных исходов, лучевые методы диагностики должны быть доступны в возможно более короткие сроки после ранения.

С другой стороны, быстрая изменчивость медико-тактической обстановки, характерная для современных вооруженных конфликтов, предъявляет повышенные требования к мобильности медицинских формирований МО РФ и обуславливает необходимость разработки новых подвижных рентгенодиагностических систем для применения в полевых условиях.

В свете этих представлений специалистами кафедры рентгенологии и радиологии Военно-медицинской академии им. С.М.Кирова на протяжении 2010–2015 гг. проводилась работа по изучению диагностических возможностей и такнотехнических характеристик подвижного



рентгенодиагностического комплекса (ПРДК) «Полус», а также некоторых образцов портативных рентгеновских аппаратов, перспективных с точки зрения использования в полевых условиях.

Подвижный рентгенодиагностический комплекс

ПРДК (ООО «НПО «ПОЛЮС», г. Воронеж) предназначен для проведения в полевых условиях рентгенологических и ультразвуковых исследований как автономно, так и в составе функционально связанной группы медицинских комплексов. ПРДК может также применяться для проведения профилактической флюорографии.

В состав комплекса входят следующие функциональные подразделения.

1. Флюорографическое отделение, обеспечивающее проведение флюорографических исследований, размещается в аппаратной машине РК-100 (кузов-фургон К4310), установленной на шасси автомобиля КамАЗ-43114. Оснащено флюорографом цифровым малодозовым ФЦ-01 «Электрон».



2. Рентгеновское отделение, обеспечивающее проведение рентгенологических и ультразвуковых исследований, размещается в выносной палатке пневмо-сооружения ПСМ-4 и оснащено передвижным рентгенохирургическим аппаратом РТС-612М, а также ультразвуковым сканером «Сономед-400/П».

3. Энергетическое отделение (РК-200), размещено в аппаратно-такелажном прицепе КП-4А, обеспечивает автономное питание комплекса от электроагрегата АД-16.

Обслуживание комплекса обеспечивают 3 человека: начальник — врач-рентгенолог, рентгенолаборант и водитель-электромеханик-дизелист.

Основные тактико-технические характеристики ПРДК «Полус» приведены в таблице.

Тактико-технические характеристики ПРДК «Полус»

Пропускная способность, человек/ч при:	
— рентгеноскопии	6–12
— рентгенографии	10–15
— флюорографии	40–50
— ультразвуковом исследовании	3–4
Количество обслуживающего персонала, человек	3
Время разворачивания, ч	2–3
Время работы без пополнения расходными материалами, дней	30
Номинальная потребляемая мощность рентгеновской или флюорографической установок, кВт	не >6
Суммарная потребляемая мощность, кВт	12–14
Электропитание комплекса:	
— дизельная электростанция мощностью 16 кВт, установленная в прицепе КП-4А;	
— внешняя сеть трехфазного тока напряжением 220/380 В, частотой 50±1 Гц.	



*Основные недостатки ПРДК «Полюс»,
выявленные в ходе эксплуатации*

1. Рентгенохирургический аппарат РТС-612М не позволяет выполнять полноценные обзорные рентгенограммы крупных анатомических областей (грудь, живот, таз). Малый размер рабочего поля приемника излучения делает возможным лишь прицельные рентгенограммы, которые имеют низкое пространственное разрешение.

2. Отсутствует возможность получения твердых копий рентгеновских изображений, а также сохранения изображений на электронных носителях. Аппарат способен сохранять в памяти не более четырех рентгеновских снимков, выполненных во время просвечивания.

3. Проведение рентгенологического исследования в щадящем режиме (без перекладывания раненого с носилок) возможно только в прямой проекции; в других проекциях встроенный экспонометр срабатывает на металлический каркас носилок, что приводит к значительному ухудшению качества изображения.

4. Использование пневмосооружения для размещения рентгенодиагностического аппарата РТС-612М снижает мобильность комплекса, затрудняет и задерживает его развертывание и свертывание.

5. Флюорографическое отделение при работе занимает основную часть кузова-фургона К4310 на шасси автомобиля, поэтому для проведения рентгенологических исследований в очаге санитарных потерь необходимо полное развертывание рентгенологического отделения в выносной палатке.

6. Развертывание ПРДК за нормативное время (3 ч) силами штатного состава (3 человека) невозможно. В ходе тактико-специальных учений силами 7 человек удалось выполнить развертывание комплекса за 6 ч, свертывание комплекса — за 4 ч.

7. Наличие прицепа с электростанцией снижает мобильность комплекса, увеличивает время развертывания, затрудняет его размещение и осложняет транспортировку раненых и больных к месту проведения исследования.

8. Необходимость подключения рентгеновских аппаратов ПРДК к сети пере-

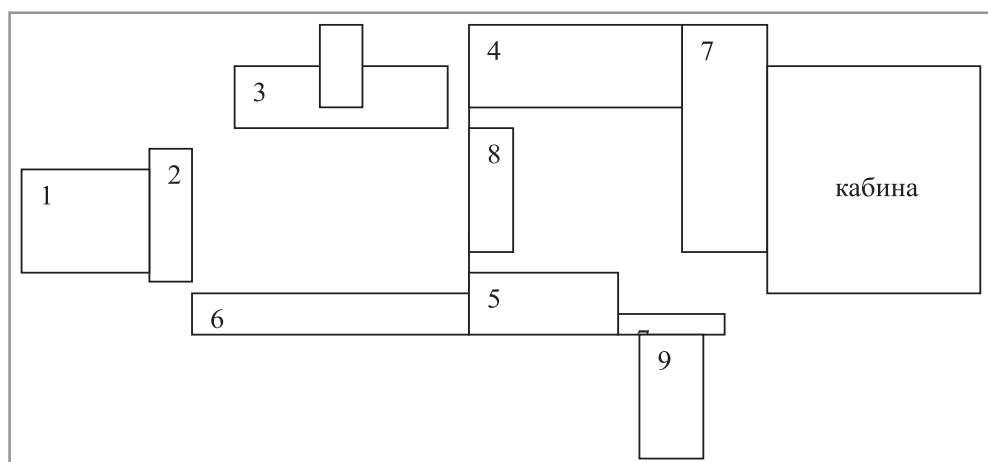
менного тока напряжением 380 В значительно ограничивает возможности использования имеющихся электрических сетей в районе дислокации ПРДК, приведение же в рабочее состояние штатной электростанции связано с увеличением времени развертывания комплекса.

Таким образом, испытания промышленного образца ПРДК «Полюс» выявили ряд его недостатков как конструктивного, так и принципиального характера.

Анализ предназначения ПРДК «Полюс» с позиций его военно-медицинского применения выявил избыточность и нерациональность его существующей комплектации и компоновки. В соответствии с ТУ 9451-001-5956362-2006 комплекс предназначен для проведения лучевых исследований при антропогенных и природных чрезвычайных ситуациях, а также для профилактических обследований населения, проживающего в районах, удаленных от медицинских учреждений [3].

Такое предназначение предполагает решение двух принципиально различных задач: 1 — выполнение экстренных лучевых исследований в очаге санитарных потерь; 2 — плановое флюорографическое обследование военнослужащих и прикрепленного контингента. С точки зрения военно-полевой медицины актуальна только первая задача, для выполнения которой ПРДК может быть придан мобильным военно-полевым учреждениям. Для решения этой задачи избыточным звеном является флюорографическое отделение ПРДК, не находящее применения в очаге санитарных потерь. Входящий же в состав комплекса рентгенохирургический аппарат РТС-612М предназначен исключительно для работы в операционной и не позволяет полноценно выполнять необходимый объем рентгенодиагностических исследований в полевых условиях.

На основании проведенных исследований нами был разработан проект тактико-технического задания на опытно-конструкторские работы «Модернизация подвижного рентгенодиагностического комплекса ПРДК», предусматривающий принципиальное изменение его состава и компоновки (см. рисунок).



Предлагаемая компоновка ПРДК: 1 — лестница и вертикальный подъемник для пациентов; 2 — вход для пациентов; 3 — цифровой рентгенодиагностический аппарат со складным рентгенопрозрачным столом; 4 — рабочее место врача; 5 — рабочее место рентгенолаборанта; 6 — шкаф для хранения портативных аппаратов, стола и расходных материалов; 7 — место отдыха персонала; 8 — рентгенозащитная дверь; 9 — вход и лестница для персонала

1. Исключение из состава ПРДК флюорографической установки, рентгенохирургического аппарата, выносной палатки и прицепа с электростанцией.

2. Включение в состав ПРДК:

- стационарного рентгеновского аппарата, оснащенного универсальным траверсным штативом и беспроводным плоскопанельным детектором, установленного в кузове-фургоне и обеспечивающего проведение любых (в т. ч. скрининговых) рентгенографических исследований [1, 2];

- портативного рентгеновского аппарата, оснащенного беспроводным плоскопанельным детектором, обеспечивающего возможность выполнения исследований на сортировочной площадке, в отделениях неотложной терапии и операционных;

- переносного ультразвукового аппарата, оснащенного конвексным, линейным и секторным фазированным датчиком, для проведения исследований грудной и брюшной полости, конечностей и сосудов;

- электростанции меньшей мощности, обеспечивающей автономную эксплуатацию комплекса и уместающейся на шасси автомобиля «КамАЗ» без использования прицепа.

3. Объединение всех имеющихся в комплексе аппаратов в единую медицинскую

информационную сеть с общими автоматизированными местами лаборанта и врача и камерой сухой печати снимков.

Реализация этих предложений позволит значительно повысить эффективность ПРДК при использовании его в полевых условиях.

Портативные рентгенодиагностические комплексы

Необходимость оснащения медицинских подразделений МО РФ портативными рентгеновскими аппаратами продиктована возможностью использования последних за пределами рентгеновского отделения — в приемно-сортировочном отделении, отделении интенсивной терапии, в операционной, в палатах и др. Кроме того, аппараты этого класса могут применяться в ситуациях, когда медико-тактическая обстановка не требует полного развертывания полевого медицинского учреждения, а также для медицинского обеспечения небольших формирований, действующих в отрыве от основных сил.

В период 2010–2015 гг. на базе учебного лагеря ВМедА были проведены полевые испытания имеющихся на снабжении портативных рентгенодиагностических аппаратов, а также некоторых перспективных разработок.



Цифровой рентгенодиагностический комплекс (ЦРК)

Представляет собой рентгеновский аппарат АРА 110/160-02 (ЗАО «Смарт Рей», г. Новосибирск) в комплекте с системой цифровой визуализации на основе ПЗС-матрицы либо плоскопанельного детектора. Оснащен двухфокусной (1,4/0,6 мм) рентгеновской трубкой с неподвижным анодом. Диапазон высокого напряжения — 40–115 кВ, анодный ток — 1–100 мА, экспозиция — 0,08–8 с. Масса рентгеновского аппарата — 45 кг, габаритные размеры — 122×54×42 см. Масса ЦРК в зависимости от приемника изображения составляет от 60 до 100 кг. Внешний вид комплекса представлен на рис. 1 (см. с. 3 вклейки).

В ходе испытаний было установлено, что конструкция блока регистрации и обработки рентгеновского излучения на основе ПЗС-матрицы не позволяет выполнять рентгенографию в щадящем режиме (без перекладывания раненого с носилок). Приемник изображения на основе беспроводного плоскопанельного детектора, благодаря небольшим размерам и удобству позиционирования, позволял выполнять весь необходимый в полевых условиях объем рентгенологических исследований.

Время разворачивания комплекса силами двух человек составляло около 20 мин, свертывание — 15 мин.

В ходе апробации отмечена высокая эргономичность рентгеновского аппарата АРА 110/160-02 и комплекса в целом. Панель управления и индикации характеризовалась простотой и информативностью. Моторизованное позиционирование излучателя сокращало время подготовки к исследованию.

Важными преимуществами комплекса являлись наличие предустановленных программ органавтоматики, а также беспроводного пульта управления.

Время получения цифрового изображения для обеих комплектаций ЦРК составляло 10–15 с, однако качество и информативность снимков, полученных с использованием плоскопанельного детектора были выше, чем при использовании приемника изображения на основе ПЗС-матрицы.

В ходе апробации пропускная способность комплекса ЦРК составила 10–12 человек в час, что позволяет выполнять необходимый объем рентгенологических исследований в условиях массового поступления раненых и пораженных.

Полевые испытания выявили крайнюю неприхотливость комплекса к качеству электроснабжения, что позволяет выполнять исследования при напряжении электросети 170–190 В.

Из недостатков комплекса следует отметить небольшой диаметр колес рентгеновского аппарата, что затрудняло перемещение последнего по неподготовленной поверхности, а также отсутствие в комплекте эргономичных защитных кейсов для транспортировки и хранения.

Рентгенодиагностический комплекс «ПАРДУС-Травма»

Представляет собой рентгеновский аппарат «ПАРДУС-У» (ЗАО «ЭЛТЕХ-Мед», Санкт-Петербург) в комплекте с системой компьютерной радиографии CR 35 Med (рис. 2 на с. 3 вклейки). Оснащен однофокусной (0,2 мм) рентгеновской трубкой с неподвижным анодом. Диапазон высокого напряжения — 50–135 кВ, анодный ток — 0,15 мА, экспозиция — 0,05–9,9 с. Масса рентгеновского аппарата — 20 кг, габаритные размеры — 168×12×34,5 см. Масса комплекса в целом — 50 кг.

Небольшие габариты и масса сделали возможным приведение комплекса в рабочее состояние силами одного человека в течение 15 мин.

Вместе с тем в ходе испытаний был выявлен ряд недостатков комплекса «ПАРДУС-Травма», существенно ограничивающих возможности его применения в полевых условиях.

Крайне неудачным решением является использование неподвижного штатива в виде треноги, что значительно затрудняло перемещение аппарата в ходе исследований и позиционирование моноблока в необходимом положении.

Применение системы визуализации на основе пластин с фотостимулируемыми люминофорами предопределяло достаточно длительное (около 1 мин) время получения цифрового изображения.



Кроме того, работа с гибкими бескассетными пластинами, применяемыми в системе CR 35 Med, требовала определенных навыков и вызывала значительные затруднения у неподготовленных пользователей.

Указанные причины обусловили довольно низкую фактическую пропускную способность комплекса, не превышающую 5–6 человек в час.

Мощность рентгеновского излучателя аппарата «ПАРДУС-У» позволяла выполнять рентгенографию конечностей, но оказалась недостаточной для исследования крупных анатомических областей (грудь, живот, таз).

Таким образом, серьезные конструктивные недостатки и ограниченные диагностические возможности не позволяют полноценно эксплуатировать рентгенодиагностический комплекс «ПАРДУС-Травма» в полевых условиях.

Опытный образец портативного аппарата рентгеновского мобильного (ПАРМ)

Разрабатывается специалистами Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина). Был представлен для испытаний в комплексе с системой визуализации DRX-1 (рис. 3 на с.3 вклейки). Масса рентгеновского аппарата — 38 кг, габаритные размеры — 150×65×32 см, масса комплекса — 56 кг.

В ходе испытаний в полевых условиях ПАРМ продемонстрировал высокую эргономичность. Блок излучателя рентгеновского аппарата характеризовался простотой и удобством в эксплуатации. Облегченная конструкция штатива и большой диаметр колес обеспечивали свободное перемещение аппарата по неподготовленной поверхности.

Интеграция автоматизированного рабочего места в транспортировочный кейс, реализованная в системе DRX-1, также являлась удачным с точки зрения эргономики решением, позволяя сократить время разворачивания комплекса до 5 мин.

Получение цифрового изображения с использованием системы визуализации DRX-1 не превышало 10 с.

В ходе испытаний пропускная способность комплекса ПАРМ при выполнении диагностических исследований составила 15–20 человек в час.

К числу недостатков ПАРМ относятся невозможность печати рентгенограмм а также использования системы визуализации DRX-1 с другим рентгеновским аппаратом без дополнительной синхронизации.

Первый опыт эксплуатации опытного образца ПАРМ позволяет рассчитывать на перспективность его использования в интересах медицинской службы ВС РФ, однако дать окончательную оценку его тактико-техническим характеристикам станет возможно лишь после проведения испытаний предсерийных образцов.

В результате проведенных полевых испытаний нами были сформулированы следующие основные требования к портативному рентгенодиагностическому комплексу для эксплуатации в полевых условиях.

1. Наличие мобильного рентгеновского аппарата со штативом облегченной конструкции и колесами достаточного диаметра для перемещения по неподготовленной поверхности.

2. Подключение к бытовой электрической сети.

3. Возможность перемещения и разворачивания силами 1–2 человек в течение 5 мин.

4. Возможность исследования любых анатомических областей.

5. Возможность передачи рентгенограмм в формате DICOM 3.0 в госпитальную и телемедицинскую сети.

5. Наличие программ органаоавтоматики.

6. Наличие беспроводного пульта дистанционного включения экспозиции с дальностью работы не менее 5 м.

7. Использование в качестве приемника изображения беспроводного плоскостанельного детектора размерами не менее 35×43 см.

8. Работа детектора с любыми рентгеновскими аппаратами без синхронизации с излучателем.

9. Наличие совмещенного автоматизированного рабочего места рентгено-



лаборанта-врача в формате ноутбука с диагональю экрана 15 дюймов.

10. Наличие компактного монохромного рулонного термопринтера для печати рентгенограмм.

11. Наличие разборной вертикальной стойки снимков.

12. Наличие не более 2 защитных кейсов для хранения и транспортировки комплекса.

При участии сотрудников кафедры на основании этих требований специалистами ЗАО «Медицинские технологии Лтд» (Москва) и ЗАО «Смарт Рей» (г. Новосибирск) был разработан *комплекс рентгенодиагностический цифровой полевой* (КРЦП) в составе модернизированного аппарата АРА 110/160-02 и системы визуализации «ДИАРМ-МТ».

При модернизации рентгеновского аппарата был устранен единственный выявленный недостаток, ограничивающий его использование в полевых условиях — установлена съемная тележка с колесами достаточного диаметра и ширины для перемещения аппарата по неподготовленной поверхности (рис. 4а на с. 3 вклейки). Рентгеновский аппарат транспортируется и хранится в одном защитном кейсе вместе с разборной вертикальной стойкой и средствами индивидуальной рентгенозащиты (общая масса 55 кг).

Система визуализации на основе беспроводного плоскопанельного детектора, совмещенного автоматизированного места, зарядного устройства батарей детектора и компактного рулонного термопринтера хранится и транспортируется в одном многоуровневом защитном кейсе (общая масса 32 кг), допускающем работу с ней без изъятия отдельных компонентов (рис. 4б на с. 3 вклейки). Электропитание системы визуализации осуществляется всего одним кабелем. Интер-

фейс АРМ адаптирован под нужды медицинской службы МО РФ.

Проведенные в октябре 2015 г. полевые испытания комплекса на базе ГосНИИИ военной медицины МО РФ показали, что комплекс обладает хорошей эргономичностью, большой пропускной способностью и высоким качеством визуализации любых анатомических областей при сохранении небольших массово-габаритных характеристик (рис. 4а на с. 3 вклейки).

Таким образом, разработанный комплекс рентгенодиагностический цифровой полевой обладает всеми преимуществами ранее созданных аппаратов и полностью соответствует требованиям, предъявляемым к мобильным военнопольным рентгеновским системам.

Перспективными направлениями использования КРЦП являются:

- оснащение мобильных формирований медицинской службы МО РФ для проведения неотложных рентгенографических исследований в полевых условиях;

- оснащение телемедицинских комплексов МО РФ для проведения исследований и консультаций в удаленных точках;

- проведение профилактических исследований органов груди в отдаленных гарнизонах, находящихся вне зоны досягаемости подвижных рентгеновских кабинетов;

- использование в военно-медицинских организациях госпитального звена для выполнения неотложных исследований в палатах, отделениях реанимации и интенсивной терапии, операционных;

- использование системы визуализации с аналоговыми стационарными рентгеновскими аппаратами, имеющимися в большом количестве в госпитальном звене.

Литература

1. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований. СанПиН 2.6.1.1192-03, Минздрав России. — М., 2003. — 58 с.

2. ГОСТ Р 50444-92. Приборы, аппараты и оборудование медицинские. Общие технические условия. ОКС 11.040. Взамен ГОСТ 20790-82. Действие с 01.01.1994 г. Изменения ИУС 11/95. — 27 с.

3. Подвижный рентгенодиагностический комплекс «Полюс», ТУ 9451-001-59563632-2006. — 2 с.