

8. *Gottesman S.R., Isser A., Giglioli G.W.* Adaptive coded aperture imaging: Progress and potential future applications // *Proceedings of SPIE*. 2011. Vol. 8165. PP. 816513-816521.
9. *Федоров Г.А., Терещенко С.А.* Вычислительная эмиссионная томография. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
10. *Starfield D.M., Rubin D.M., Marwala T.* High transparency coded apertures in planar nuclear medicine imaging / *Proceedings of the 29th Annual International Conference of IEEE EMBS*. 2007. PP. 4468-4471.
11. *Уткин В.М., Кумахов М.А., Блинов Н.Н. и др.* Мобильная гамма-камера «МиниСкан» и результаты ее испытаний // *Медицинская физика*. 2007. № 1. С. 42-53.
12. *Казачков Ю.П., Семенов Д.С., Горячева Н.П.* Применение кодирующих апертур в медицинских g-камерах // *Приборы и техника эксперимента*. 2007. № 2. С. 131-139.
13. *Accorsi R.* Design of near-filed coded aperture cameras for high-resolution medical and industrial of gamma-ray imaging / Ph.D. Thesis. Department of Nuclear Engineering. MIT. 2001.
14. *Терещенко С.А.* Методы вычислительной томографии. – М.: Физматлит, 2004.
15. *Fedorov G.A., Tereshchenko S.A.* Multiplexed Systems for the Detection of Ionizing Radiation. 1. Codes and Encoders // *Measurement Techniques*. 1995. Vol. 38. № 11. PP. 1287-1297.
16. *Fedorov G.A., Tereshchenko S.A.* Integral Code Systems for Recording Ionizing Radiation: Iterative Image Reconstruction Algorithms for Focal Plane Processing // *Measurement Techniques*. 2001. Vol. 44. № 4. PP. 422-427.
17. *Fedorov G.A., Tereshchenko S.A., Antakov M.A., Burnaevskii I.S.* Point spread functions of integral-code measurement systems with multiple-pinhole hexagonal coding collimators // *Measurement Techniques*. 2012. Vol. 55. № 5. PP. 574-582.
18. *Федоров Г.А., Терещенко С.А., Антаков М.А., Бурнаевский И.С.* Униполярная и биполярная схемы измерений при восстановлении пространственного распределения источников излучения с использованием гексагональных кодирующих коллиматоров // *Медицинская техника*. 2014. № 1. С. 43-45.
19. *Fedorov G.A., Tereshchenko S.A.* Extended pseudorandom sequences and two-dimensional coding collimators based on them // *Measurement Techniques*. 2007. Vol. 50. № 6. PP. 681-689.
20. *Lalush D.S., Wernick M.N.* Iterative Image Reconstruction. In: *Emission Tomography. – The Fundamentals of PET and SPECT*. Ed. Wernick M.N., and Aarsvold J.N. – Elsevier, 2004. PP. 443-472.
21. *Венгринович В.Л., Золотарев С.А.* Итерационные методы томографии. – Минск: Белорусская наука, 2009.
22. *Федоров Г.А., Дмитриев А.М., Терещенко С.А., Антаков М.А.* Реконструкция изображений пространственных распределений источников ионизирующего излучения на основе итеративного обратного проецирования в интегрально-кодовых системах измерений // *АНРИ*. 2012. № 1 (68). С. 62-70.

Сергей Андреевич Терещенко,
 д-р физ.-мат. наук, профессор,
 кафедра биомедицинских систем,
 Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,
 г. Москва, г. Зеленоград,
Георгий Алексеевич Федоров,
 д-р физ.-мат. наук, профессор,
 кафедра радиационной физики
 и безопасности атомных технологий,
 Национальный исследовательский
 ядерный университет «МИФИ»,
 г. Москва,
Максим Александрович Антаков,
 канд. физ.-мат. наук, ст. научный сотрудник,
Игорь Сергеевич Бурнаевский,
 аспирант,
 кафедра биомедицинских систем,
 Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,
 г. Москва, г. Зеленоград,
 e-mail: tsa@miee.ru

М.И. Зеликман, С.А. Кручинин, Д.В. Михеев

Оценка технического состояния рентгенорадиологического оборудования в ЛПУ РФ по результатам периодического контроля эксплуатационных параметров

Аннотация

Приводятся данные анализа технического состояния эксплуатируемого в лечебно-профилактических учреждениях ряда регионов РФ рентгенорадиологического оборудования, проведенного по результатам периодических технических испытаний различных видов этого оборудования в рамках производственного контроля.

В последнее десятилетие лечебно-профилактические учреждения (ЛПУ) практически всех регионов Российской Федерации в рамках осуществления приоритетного национального проекта «Здоровье» (запущен в 2006 году), а также программы модернизации здравоохранения (2011-2013 гг.) были оснащены современным высокотехнологичным оборудованием для лучевой диагностики и терапии: цифровыми рентгеновскими системами для различных разделов диагностики и ангиографическими комплексами, рентгеновскими компьютерными томографами (КТ), магнитно-резонансными томографами (МРТ), совмещенными ПЭТ-КТ системами и т. д.

Для гарантирования высокоэффективной с точки зрения диагностики и терапии, а также надежной работы рентгенорадиологического оборудования необходимо предпринимать меры, связанные с обеспечением качества этого оборудования в условиях эксплуатации (англоязычный термин – Quality assurance), которые, наряду с обязательным регулярным техническим обслуживанием, включают в себя:

- проведение испытаний сразу после инсталляции оборудования в ЛПУ (приемочные испытания) или после проведения существенных ремонтных работ, затрагивающих основные блоки и узлы аппаратов;
- проведение периодических испытаний оборудования в условиях эксплуатации, в том числе проведение испытаний на постоянство параметров;
- проведение регламентных работ, включая ежедневный контроль состояния оборудования до начала исследования пациентов.

Проведение испытаний после инсталляции рентгеновского оборудования в ЛПУ (приемочных) и периодических испытаний регламентируется СанПиН 2.6.1.1192-03 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований» [1], а также документом «Технический паспорт на рентгеновский диагностический кабинет» (Минздрав РФ, Москва, 2002 г.) [2]. В соответствии с этими документами, пе-

риодичность проведения испытаний должна быть не реже одного раза в 2...3 года. Методы проведения испытаний для различных видов рентгенорадиологического оборудования, включая высокотехнологичное, представлены в соответствующих российских и международных стандартах. Стандартами также определяется периодичность испытаний на постоянство параметров тех или иных аппаратов и комплексов.

По результатам контроля параметров и характеристик можно судить о техническом состоянии оборудования, предназначенного для различных рентгенодиагностических и радиологических модальностей, а в случае достаточного количества статистических данных появляются возможности и для соответствующих обобщений в рамках определенных территорий и в целом по стране.

Рассматриваемая работа из-за недостаточности объема имеющихся данных и неравномерности их распределения как по различным регионам РФ, так и внутри регионов, безусловно, не претендует ни на какие обобщения, но основные тенденции, на наш взгляд, проследить позволяет.

В исследовании выводы по техническому состоянию различных видов оборудования делаются по результатам периодических эксплуатационных испытаний, проведенных аккредитованной национальным органом по аккредитации в соответствии с требованиями Федерального закона от 28.12.2013 г. № 412-ФЗ [3] испытательной лабораторией ООО «Конструкторское бюро РентгенТест» в течение последних двух лет в ЛПУ 25 регионов РФ. Эти испытания затрагивали практически все виды рентгенорадиологического оборудования, находящегося в эксплуатации в российских клиниках (включая как современное высокотехнологичное оборудование, так и аппараты, эксплуатируемые значительно более 10 лет – всего более 600 единиц техники).

Анализ проведен для следующих, наиболее востребованных в клинической практике, групп оборудования:

- комплексы для общей рентгенодиагностики (стационарные и передвижные);
- флюорографические системы;
- маммографические аппараты;
- хирургические и ангиографические системы;
- дентальные аппараты (включая системы для панорамной съемки);
- рентгеновские компьютерные томографы;
- рентгенотерапевтические аппараты.

Самая многочисленная группа, естественно, – оборудование для общей рентгенодиагностики. Испытаниям подвергались как аппараты, находящиеся в эксплуатации 10...30 лет, так и современное оборудование, включая цифровые системы для рентгенографии и динамических исследований (рентгеноскопии). Как правило, основные отказы (под «отказами» здесь и далее имеются в виду зафиксированные в процессе испытаний отклонения параметров и характеристик, превышающие допустимые пределы, а также полная или частичная неработоспособность отдельных узлов и систем) для этого типа обо-

рудования связаны с рабочим местом, предназначенным для рентгеноскопии, – примерно 19 % испытанных аппаратов. Технически неисправными в большинстве случаев оказываются усилители рентгеновского изображения (УРИ), реже имеют место отказы рентгеновских генераторов на указанных рабочих местах. В последние годы персонал отделений (кабинетов) рентгенодиагностики чаще всего не предпринимает никаких мер для осуществления ремонта на рабочем месте для просвечивания, а использует аппарат только в режиме рентгенографии (после существенного дооснащения в последние годы российских ЛПУ высокотехнологичным оборудованием рентгеноскопические исследования повсеместно вытесняются другими видами диагностики, например рентгеновской компьютерной томографией). Нередко наблюдаются отказы и в приставках для линейной томографии. С этими узлами происходит то же самое, что и с рабочими местами для рентгеноскопии: их не ремонтируют ввиду невысокой востребованности данной диагностической процедуры. На долю других систем и узлов комплексов для общей рентгенодиагностики приходилось не более 4 % отказов.

В рамках рассматриваемой группы оборудования не столь часто отмечались отказы при проведении испытаний передвижных (палатных) аппаратов – 7,5 %.

Что касается профилактических исследований легких у населения, то за последние примерно 15 лет парк оборудования для этого раздела рентгенодиагностики практически полностью обновился за счет ввода в эксплуатацию рентгенографических систем российских производителей – цифровых флюорографов (стационарных и передвижных, на базе шасси автомобилей различных марок). В рамках проводимых на государственном уровне мероприятий по поставкам количественно этот вид рентгенодиагностического оборудования значительно превалировал над всеми остальными. По результатам эксплуатационных испытаний замечания к флюорографам с цифровыми приемниками рентгеновского изображения различных конструкций (сканирующего типа, на базе камер с ПЗС-матрицей, на базе УРИ) возникают примерно в 13 % случаев.

На эксплуатируемых в ЛПУ различных регионов РФ маммографических аппаратах (как с аналоговыми, так и с цифровыми рентгеновскими приемниками) какие-либо отказы в процессе испытаний фиксировались редко. Наша статистика говорит о не более чем 5 % отказов.

Хирургические и ангиографические системы, находящиеся в эксплуатации, также, как правило, вызывают мало нареканий по результатам испытаний (для различных видов этого оборудования процент отказов находился в диапазоне 2,5...4,5).

Параметры и характеристики дентальных аппаратов, являющихся одними из простейших среди всего оборудования, используемого в рентгенодиагностике, чаще также соответствуют требованиям нормативной документации. Однако примерно в 13 % случаев при проведении эксплуатационных ис-

Таблица 1

Техническое состояние рентгенорадиологического оборудования по результатам эксплуатационных испытаний

Группа оборудования	Количество испытанного оборудования	Количество отказов/доля в объеме испытанного оборудования, %
Комплексы для общей рентгенодиагностики; палатные аппараты	182 146	34 / 18,7 11 / 7,5
Флюорографы	53	7 / 13,2
Маммографы	41	2 / 4,9
Хирургические аппараты; ангиографы	40 22	1 / 2,5 1 / 4,5
Дентальные аппараты, включая оборудование для панорамной съемки	83	11 / 13,2
КТ	35	1 / 2,9
Рентгенотерапевтические аппараты	5	–

пытаний были зафиксированы различные отклонения. Аналогичный процент отклонений фиксируется при проверке аппаратов для панорамной съемки – ортопантомографов.

Парк оборудования для проведения компьютерной рентгеновской томографии значительно увеличился за последние 5...7 лет за счет поставки в различные российские регионы современных многосрезовых спиральных систем. Часть этого оборудования еще находится на гарантийном обслуживании компаний-поставщиков, а часть – на постгарантийном обслуживании, за счет чего удается надежно поддерживать его в работоспособном состоянии, и выявление в процессе испытаний замечаний к отдельным параметрам и характеристикам КТ скорее исключение, нежели правило (менее 3 % случаев). Обычно эти замечания сводятся к необходимости проведения дополнительных калибровочных работ в тракте формирования (реконструкции) изображений и не касаются электрических, механических узлов, а также системы «излучатель – приемник изображения».

Объем проведенных периодических испытаний рентгенотерапевтического оборудования за анализируемый период времени невелик: общее количество испытаний составило 33 для пяти различных аппаратов. Данное оборудование, как правило, находилось в работоспособном состоянии.

Для удобства представления данные проведенных лабораторий эксплуатационных испытаний сведены в табл. 1.

Результаты проведенных в ЛПУ различных российских регионов эксплуатационных испытаний позволяют сделать вывод о том, что работоспособность и эффективность использования рентгенорадиологического оборудования в значительной степени гарантируются налаженным процессом его технического обслуживания. Это особенно наглядно иллюстрируют результаты испытаний наиболее сложного и соответственно наиболее дорогостоящего оборудования – ангиографических комплексов с цифровыми приемниками рентгеновского изображения и КТ. Получая данное оборудование, администрация ЛПУ, заинтересованная, в том числе и экономически, в его надежной, долговечной и бесперебойной

работе, как правило, уделяет серьезное внимание организации техобслуживания, что, наряду с проведением эксплуатационных испытаний в рамках производственного контроля, и обеспечивает качественную эксплуатацию. Также не стоит сбрасывать со счетов и другие виды испытаний, в особенности испытания на постоянство параметров. Проводимые с относительно небольшими интервалами времени, эти испытания наиболее «чувствительны» к возникающим в процессе эксплуатации оборудования проблемам и зачастую позволяют заблаговременно прогнозировать потенциальные отказы (например, скорое истощение ресурса рентгеновской трубки, на замену которой в ряде случаев потребуется немалое время).

Список литературы:

1. СанПиН 2.6.1.1192-03 Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований. Утверждены 14 февраля 2003 г.
2. Технический паспорт на рентгеновский диагностический кабинет. Утвержден 2 августа 2002 г.
3. Федеральный закон «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» от 28.12.2013 г. № 412-ФЗ.

*Михаил Израилевич Зеликман,
д-р техн. наук, профессор,
кафедра рентгенологии и радиологии,
ФГБОУ ДПО «Российская медицинская
академия непрерывного профессионального
образования Минздрава РФ»,
Сергей Александрович Кручинин,
канд. техн. наук, директор,
Денис Владимирович Михеев,
инженер,*

*ООО «Конструкторское бюро РентгенТест»,
г. Москва,
e-mail: miz2004@rambler.ru*

Р.Р. Аубакиров, А.А. Данилов

Влияние формы антенн на пропускную способность канала беспроводного обмена данными для безаккумуляторных имплантатов

Аннотация

Проведена оценка влияния формы приемной и передающей антенн на коэффициент усиления по напряжению и ширину полосы пропускания беспроводного канала обмена данными и передачи энергии в системе индуктивной передачи энергии. Сравнение проводилось для пар антенн с круглыми и квадратными витками. Показано, что использование квадратных антенн обеспечивает более высокую стабильность коэффициента усиления по напряжению и более широкую полосу пропускания беспроводного канала.

Введение

Применение систем индуктивной передачи энергии (ИПЭ) является альтернативой использованию чрескожных проводов при энергообеспечении имплантируемых медицинских приборов (ИМП) [1]-[4]. Одним из важных достоинств систем ИПЭ является возможность совмещения канала беспроводной передачи энергии с каналом беспроводной передачи информации посредством модуляции сигнала [4], [5]. В этом случае пара катушек индуктивности выполняет также функцию приемопередающих антенн. Одним из преимуществ такого подхода перед альтернативными решениями (например использованием дополнительной пары антенн) является уменьшение массогабаритных характеристик системы, что особенно важно в случае имплантируемых в тело человека приборов. К числу акту-

альных задач для развития упомянутого подхода можно отнести расширение полосы пропускания беспроводного канала, а также увеличение коэффициента усиления выходного сигнала.

Эффективным способом оптимизации параметров системы ИПЭ с целью улучшения характеристик системы является подстройка геометрических параметров антенной пары [6]-[8]. Одним из возможных способов подстройки является подбор оптимального форм-фактора катушек. Широкое распространение в системах ИПЭ получили катушки с круговыми витками, тем не менее перспективным представляется использование катушек с квадратными витками [9]-[11]. Также стоит отметить, что размеры области имплантации ИМП строго ограничены, поэтому существует необходимость в использовании имеющегося пространства с максимальной эффективностью.