

Развитие рентгенотехники в России

А. Б. Блинов, Н. Н. Блинов, В. Л. Ярославский

Development of X-ray equipment in Russia

A. B. Blinov, N. N. Blinov, V. L. Yaroslavsky

Реферат

В статье освещена история развития рентгеновской техники для лучевой диагностики в России. Описаны основные разработки, выполненные в СССР: аппараты РУМ-20, 12-П-5, 8-Л-5. Рассмотрены возможности современной рентгенотехнической промышленности в Российской Федерации.

Ключевые слова: Рентгеновский аппарат, рентгенография, рентгеноскопия, флюорография.

Abstract

The history of development X-ray equipment in Soviet Union and Russia. Description of X-ray units: RUM-20, 12-P-5, 8-L-5. Potential possibility of modern manufacturing X-ray equipment in Russia.

Keywords: X-ray equipment, radiography, fluoroscopy

В России первый рентгеновский аппарат был создан профессором Поповым А.С. в Кронштадтской военно-морской академии уже через два года после открытия В.К. Рентгена. В качестве излучателя там была использована рентгеновская трубка фирмы Сименс. К этому же времени относится начало систематических рентгенодиагностических исследований в лечебной сети Санкт-Петербурга.

Первые рентгеновские аппараты, созданные в СССР в первые десятилетия советской власти, были построены на однофазных полуволновых схемах выпрямления или мостовых четырехвентильных, где в качестве вентиляй

использовались вакуумные высоковольтные диоды-кенотроны.

В послевоенные годы в Советском Союзе появились первые трехфазные схемы выпрямления, а высоковольтные вакуумные выпрямители кенотроны заменили полупроводниковые кремниевые выпрямители. После Второй мировой войны в СССР (60-е годы) были созданы первые электронные усилители (УРИ), заменившие флуоресцентный экран для рентгеновского просвечивания, построенные на рентгеновских электронно-оптических преобразователях (РЭОПах). Это позволило увеличить во много раз яркость рентгеновского изображения, а телевизионный канал,

введенный в выходной узел УРИ, обеспечил дистанционную работу рентгенолога за пределами процедурной рентгеновского кабинета. Среднее отставание уровня отечественной рентгеновской промышленности от среднеевропейского уровня составляло в те годы 5-7 лет.

К концу XX века во всех видах рентгеновской диагностики начали применяться цифровые детекторы, заменяющие традиционную, просуществовавшую более ста лет, рентгеновскую пленку с усиливающими экранами, предложенными еще Т. А. Эдиссоном.

В Советском Союзе производством медицинской рентгеновской аппаратуры занимались четыре завода: «Мосрентген», «Актюбрентген», «Севкаврентген» и «Киевское производственное объединение медицинской аппарату-

ры». Их производство закрывало около 80 % потребностей отечественного здравоохранения в рентгеновской технике. На заводах было занято более десяти тысяч рабочих мест. Примерно столько же составляли рабочие места производителей комплектующих элементов и еще столько же приходилось на расходные материалы и сменные устройства.

Последним достижением социалистической промышленности явился трехфазный аппарат РУМ-20, оснащенный отечественным УРИ, тиристорной коммутацией, автоматическим рентгэнэкспонометром и трубками с вращающимися анодами. За пятнадцать лет производства различных вариантов этой модели (РУМ-20, РУМ-20М, «Рентген-30», «Рентген-40») было выпущено 17000 аппаратов (рис. 1).

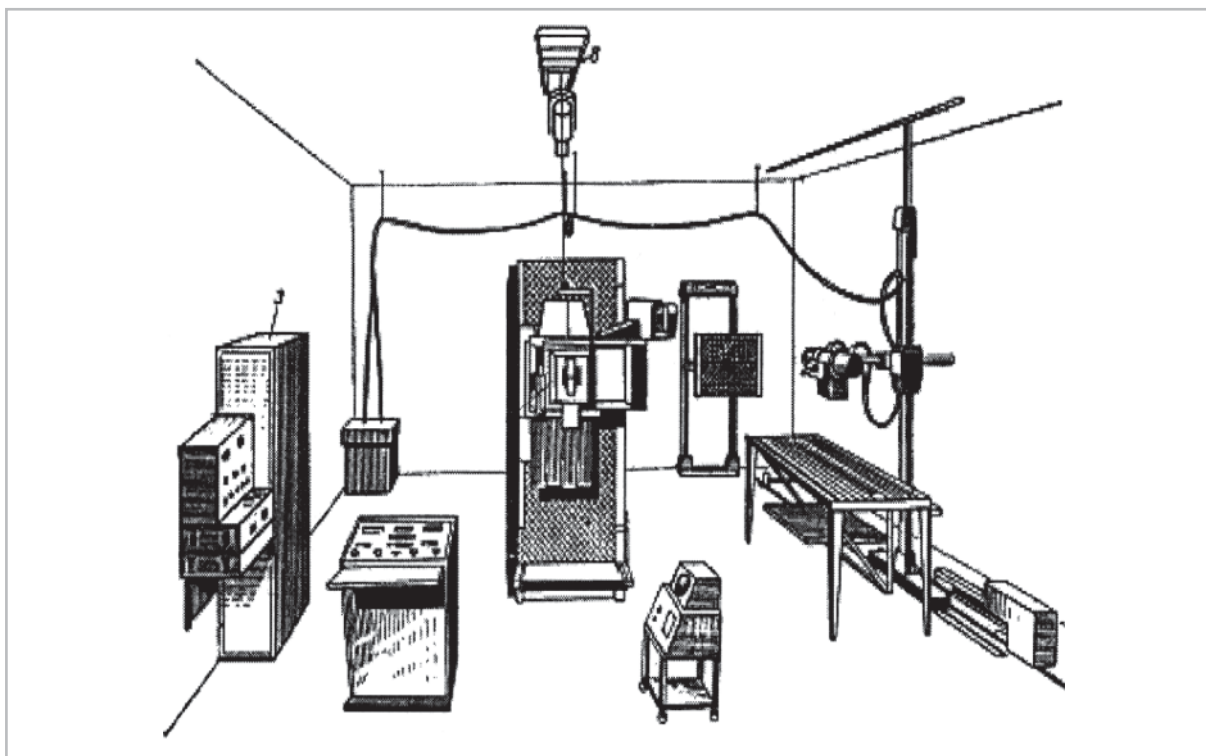


Рис. 1. Рентгенодиагностический аппарат общего назначения на 3 рабочих места РУМ-20М.

Остальные 20 % наиболее высокотехнологичной аппаратуры (РКТ, ангиографы, остеоденситометры) закупались за рубежом. После развала СССР Киевское и Актюбинское предприятия оказались в ближнем зарубежье: в Украине и Казахстане. Завод Мосрентген был перекуплен и перепрофилирован. Завод «Севкаврентген» в Кабардино-Балкарии так и не сумел достигнуть среднеевропейского уровня.

Тем не менее отечественная рентгеновская промышленность не погибла. Буквально за 2-3 первых года перестройки в Российской Федерации появился десяток фирм, созданных молодыми физиками и инженерами, которые в кратчайшие сроки сумели организовать производство отечественной рентгеновской аппаратуры, не уступающей по уровню европейским моделям. Такая возможность возникла прежде всего потому, что за годы развития рентгенотехники в СССР сформировалась эффективная научная школа ученых и исследователей, способных создавать высокотехнологическую рентгеновскую технику (В.К.Шмелев, В. В. Дмоховский, А. Г. Сулькин, А. С. Шварцман, Н. И. Туманов, Н. И. Комяк, В. Н. Подгорный, О. С. Чистяков, Г. Я. Надикто, В. Л. Ярославский, Ф. Г. Горелик и др.)

Принципы производства рентгеновской аппаратуры в РФ значительно отличаются от принятых в СССР, где все до последней гайки должно было быть отечественным. В современной отечественной РДА доля импортных деталей колеблется от 20 % до 70 %.

К настоящему времени примерно в половине рентгеновских кабинетов, вновь открывающихся для эксплуатации в лечебных учреждениях развитых стран, отсутствует фотолаборатория и,

соответственно, процесс фотохимической обработки пленки заменен цифровым преобразованием рентгеновского изображения. В большинстве же существующих кабинетов сохраняется пленка и фотолаборатория для ее обработки. В Российской Федерации таких кабинетов большинство.

Элементы цифровой техники все более широко внедряются в современную рентгеновскую диагностическую аппаратуру. В лечебных учреждениях создаются системы цифровой передачи изображений между отделениями клиники (PACS), создан стандарт для единого представления медицинских изображений (DICOM).

В советское время научные силы страны были сосредоточены преимущественно в крупных отраслевых НИИ и в технических университетах. Заводы-производители продукции обладали конструкторскими бюро и небольшими научно-исследовательскими отделами, способными модернизировать выпускаемую продукцию и создавать новые модели. После окончания Великой Отечественной войны начала бурно развиваться атомная наука и промышленность. Ряд новых технологических решений этой новой отрасли мог быть использован в технике для лучевой диагностики и терапии. Помимо четырех упомянутых выше заводов-производителей рентгеновской техники развитием новых методов рентгенодиагностики в период восстановления разрушенного войной хозяйства занимались головные НИИ медицинского профиля: Центральный научно-исследовательский рентгено-радиологический институт — ЦНИРРИ (Ленинград) и Московский научно-исследовательский рентгено-радиологический институт — МНИРРИ (Москва). Проблемы разви-

тия рентгено-радиологической техники привлекали предприятия оборонного комплекса и, прежде всего, Минатома: ФИАН им. Лебедева, ВНИИ радиационной техники (ВНИИРТ, Москва), позднее переименованный во ВНИИТФА, Институт ядерной физики им. Будкера (Новосибирск), Институт телевидения (Ленинград), которые в свободное от совершенствования атомного оружия время создавали усилители рентгеновского изображения, кобальтовые терапевтические установки, медицинские ускорители, внутрисплетенные и внутритканевые гамма-аппараты и комплекты радиофармацевтических препаратов для ядерной медицины. К сожалению, медицинское направление для оборонной отрасли всегда было второстепенным, а, значит, редко соответствовало передовому уровню науки. Профильные заводы-изготовители рентгеновской техники также не имели достаточно стимулов для быстрого освоения новой техники, поскольку в плановом порядке поставлялась и старая.

Вот почему к 1960 году после исчезновения Совнархозов началось перераспределение промышленности по Министерствам. Рентгеновские заводы при этом отошли к Министерству приборостроения, а НИИ остались в ведении оборонных министерств. Освоение новой техники стало еще более проблематичным. Но научные исследования продолжались.

С 1960 по 1970 год во ВНИИРТ были разработаны и изготовлены в опытных образцах достаточно современные рентгенодиагностические комплексы: РУМ-15, РУМ-16, РУМ-18, РУМ-19, РУМ-20, РУМ-22 и терапевтические аппараты РУМ-13, РУМ-17, РУМ-21, РУМ-23. Только диагностический комплекс РУМ-20 и его варианты: РУМ-



Рис. 2. Палатный аппарат 12П6 завода «Актюбрентген».

20М, Рентген 30, Рентген 40 и терапевтический РУМ-17 из этого перечня были освоены в серийном производстве и выпускались около двадцати лет всеми рентгеновскими заводами страны. В эти же годы на заводе «Актюбрентген» были созданы и освоены серийно базовый флюорограф 12Ф7 с отечественной камерой КФ-70 (ЗОМЗ), палатные аппараты 9Л-3, 12П-6 (рис. 2).

При этом в каждом разработанном рентгеновском комплексе не было ни одной зарубежной детали, только свое, отечественное. В создании комплекса РУМ-20 принимали участие десятки предприятий «девятки» — девяти

промышленных силовых министерств Советского Союза. Для этого аппарата были специально созданы: гибкие высоковольтные кабели на 75 кВ (Мытищи), сильноточные симисторы на 150 А (ВЭИ, Москва), кремниевые высоковольтные выпрямители (Ставрополь), заменившие электровакуумные отечественные кенотроны производственного объединения «Светлана» (Ленинград), электронный усилитель рентгеновского изображения УРИ-230/150 «Сапфир» (МЭЛЗ, Москва) с телевизионным каналом ВНИИ телевидения (Ленинград) и серия рентгеновских трубок с вращающимся анодом на 150 кВ с фокусами $0,3 \times 0,3 \text{ мм}^2$, $1,2 \times 1,2 \text{ мм}^2$, $2 \times 2 \text{ мм}^2$ (ОКБ-РП и Светлана).

Создание каждого из этих комплектующих изделий потребовало достаточно глубоких исследований и научных поисков. В конструкции аппарата РУМ-20 были внедрены десятки отечественных изобретений. В процессе разработки были проведены исследования переходных процессов в шести и двенадцативентильных схемах выпрямления, создана теория расчета главной цепи рентгеновского аппарата, принципы выбора схем быстродействующей синхронной и несинхронной коммутации, принципы рентгеновской экспонометрии, тепловых процессов в трубках с вращением анода, теория формирования изображения в рентгеновских электронно-вакуумных преобразователях РЭОПах.

Были защищены три докторских (Блинов Н. Н. (ст.), Владимиров Л. В., Черни А. Н.) и восемь кандидатских диссертаций. Получено более 160 авторских свидетельств СССР на изобретения. Были опубликованы монографии, посвященные новому поколению рентгеновских аппаратов:

МНИРРИ и ВНИИИМТ были разработаны методические рекомендации, созданы таблицы экспозиций по работе на аппаратах РУМ-20 и РУМ-20М /1-9/.

Специалисты Московского Научно-исследовательского рентгено-радиологического института совместно с учеными НИИ интроскопии прочитали более 1400 часов лекций в различных регионах Советского Союза, что позволило в кратчайший срок обучить персонал медицинских учреждений работе на аппаратах нового поколения.

Подготовка и реализация серийного освоения трехфазных рентгеновских диагностических комплексов нового поколения типа РУМ-20 с 1960 по 1975 годы потребовала титанических усилий. Три раза Министерство приборостроения вынуждено было сменить руководство завода «Мосрентген». Приказом по Минприбору управление этим сложнейшим процессом было возложено персонально на директора головного института Минприбора НИИИН — научно-исследовательского института интроскопии д.т.н., профессора, член-корр. РАН Клюева В. В., который два года в каждый понедельник собирал на заводе «Мосрентген» оперативные совещания и раздавал еженедельные задания. Для создания электронных усилителей рентгеновского изображения УРИ «Сапфир» с телевизионным каналом потребовалось 17 постановлений ЦК и Совета Министров СССР.

И все-таки через 10 лет после начала разработки серийный выпуск аппарата РУМ-20 был организован. Аппарат и его модификации выпускались всеми рентгеновскими заводами страны двадцать лет. Его выпуск был прекращен в 1995 году. За истекший срок было поставлено в лечебную сеть около 20 000 комплек-

сов, больше чем какой-нибудь другой рентгенодиагностической аппаратуры в мире.

В последние годы существования СССР (1980-1985 гг.) был совершен еще один прорыв в области медицинского рентгеноаппаратостроения: ОКБ РП «Светлана», ВНИИИ медицинской техники, МНИРРИ и группой отечественных врачей-маммологов из Москвы и Ленинграда был создан и успешно освоен в производстве микрофокусный маммограф «Электроника-М», уникальный по своим весо-габаритным характеристикам и стоимости.

Для маммографа «Электроника-М» были созданы специальные микрофокусные трубки с размером фокуса 40 мкм, вакуумные кассеты, высокочувствительный усиливающий экран на основе двуокиси иттрия ЭУИ-4. Создание маммографа «Электроника-М» позволило решать проблему профилактики при исследованиях молочной железы у женщин. Было выпущено более 2000 аппаратов. Группа ученых и врачей получила премию Совета Министров СССР за 1989 год.

Следует упомянуть еще одну оригинальную научную разработку ученых Советского Союза. В семидесятых годах для экономии расходных материалов: серебросодержащей пленки и фотохимикатов, предприятиями Минприбора, рентгенологами ЦВМУ, специалистами Каунасского института электрографии был разработан процесс получения рентгеновского изображения с помощью специальных светочувствительных селеновых пластин на обычной бумаге, названный «электрорентгенографией». Были созданы сотни электрорентгенографов, работающих с любыми рентгеновскими аппаратами, организовано

массовое производство селеновых пластин, сэкономлены десятки тонн серебра за счет экономии рентгеновской пленки. Группа инженеров и врачей была награждена Государственной премией СССР. Однако процесс электрографии не смог конкурировать с новыми цифровыми возможностями рентгенографии и исчез из рентгенологической практики в конце восьмидесятых годов.

Развал Советского Союза и уничтожение его промышленности совпали по времени с глобальной технической революцией в технике лучевой диагностики, вызванной внедрением цифровых методов обработки и преобразования медицинских изображений. Несмотря на полное отсутствие финансирования научных исследований в первые годы перестройки и разрыв сложившихся научно-технических связей между разработчиками и производителями (два из четырех рентгеновских заводов СССР оказались за рубежом РФ), введение свободных рыночных отношений разбудило инициативу ученых и инженеров. Это привело к быстрому созданию целого ряда новых цифровых технологий преобразования рентгеновских изображений.

Первые исследования были проведены в ИЯФ им. Будкера (Новосибирск). Коллективом под руководством д.ф.м.н. А.Г.Хабахпашева был создан первый сканирующий цифровой малодозовый флюорограф МЦРУ «Сибирь» с оригинальной ксеноновой линейкой детекторов. Было изготовлено несколько десятков аппаратов, затем продана лицензия в Китай, документация передана на предприятие Минсредмаша в г. Бердск и на завод «Орелнаучприбор», где по настоящее время продолжается выпуск аппарата МЦРУ «Сибирь».

Модель цифровой сканирующей приставки с твердотельной кремниевой линейкой детекторов к флюорографической защитной кабине АПЦФ-01 была разработана ВНИИИМТ и ЗАО «Рентгенпром». Сканирующие технологии позволяют исключить вредное воздействие рассеянного излучения на качество изображения.

Далее цифровые технологии были внедрены во флюорографические камеры по типу: экран—оптика—ПЗС-матрица. Эти исследования были проведены одновременно несколькими отечественными коллективами: Гелпик, Медрентех, завода «Мосрентген».

Фирмой СП «Спектр-АП» под руководством д.т.н. Кантера Б.М., был создан оригинальный цифровой рентгеновский аппарат, обеспечивающий рентгенограмму размером 40 x 40 см за счет совмещения четырех секторов изображений УРИ с диаметром 230 мм. Доза на кадр в подобной системе составляла рекордно малую величину за счет электронного усиления сигнала в УРИ.

Внедрение цифровых технологий в лучевую диагностику определило необходимость проведения целого ряда научных исследований особенностей формирования цифровых изображений, разработку новых моделей преобразования цифрового сигнала в тракте РДА, методов и средств контроля параметров цифровых изображений. Несмотря на сложнейшие экономические условия девяностых годов, в ученом Совете ФГУ ВНИИИМТ были успешно защищены пять докторских диссертаций, посвященных новому цифровому поколению аппаратов для лучевой диагностики (Блинов Н.Н.-мл., Потрахов Н.Н., Осипов Л. В., Кантер Б. М., Зеликман М. И.) и более десятка диссертаций на соиска-

ние ученой степени кандидатов технических и медицинских наук.

Важнейшей научной задачей отечественного рентгеноаппаратостроения на этапе перехода к цифровым методам представления медицинских изображений в лучевой диагностике оказалась проблема создания соответствующей нормативной базы.

Для этой цели Госстандартом был создан технический комитет ТК 411 по стандартизации в области лучевой диагностики, терапии и дозиметрии. За 10 лет существования ТК 411 были гармонизированы в ранг отечественных стандартов ГОСТ-Р порядка семидесяти международных стандартов и рекомендаций по технике лучевой диагностики и терапии. (приложение 3 к данному отчету).

Следует сказать, что многочисленные попытки вовлечь в разработки медицинской радиационной техники предприятия Минатома (Минсредмаша) в большинстве случаев закончились неудачей. Так обстояло дело с рядом попыток разработки отечественных систем для ЯМР и РКТ (Институт им. Курчатова, Челябинск 70 — Снежинск). Аналогичные отрицательные результаты были получены при разработках гамма камер с возможностью эмиссионной томографии (СНИИИП).

Несколько лучше обстояло дело с терапевтической радиационной техникой. Ряд медицинских ускорителей был создан в Советском Союзе (Ленинград), несколько моделей аппаратов для дистанционной и внутриволостной терапии типа «Агат» были созданы во ВНИИ радиационной техники (ныне ВНИИТ-ФА) и выпущены на заводе «Балтиец» (Нарва, ныне Эстония). Медицинский ускоритель типа «Микротрон» был раз-

работан и выпускался на предприятии НПО «Агат», Минсудпрома.

В девяностых годах был заключен контракт с фирмой Филлипс об организации на ряде предприятий силовых министерств производства рентгеновской и УЗ аппаратуры. В настоящее время все результаты контракта с фирмой Филлипс «Челендж» практически сведены к нулю и не принесли отечественной медицинской промышленности сколько-нибудь ощутимых результатов.

Несколько экспериментальных систем для протонной терапии действуют в Дубне, ИЯФ им. Курчатова, в Обнинском рентгено-радиологическом институте. Реальных надежд на серьезное практическое применение в клинической медицине отечественных систем для протонной терапии, дающей серьезный терапевтический эффект при онкологических заболеваниях, без значительных федеральных затрат нет. Это, похоже, становится понятно в верхних эшелонах власти. Доказательством тому федеральная программа строительства центров протонной терапии.

Следует констатировать крайне малую эффективность финансовых вложений в медицинскую технику, создаваемую специализированными силовыми ведомствами.

Далее приведен перечень основных монографий и учебных пособий, созданных отечественными учеными после 2000 года и посвященных преимущественно цифровым рентгеновским аппаратам нового поколения:

Ряд научно-технических и медицинских журналов много внимания уделял проблемам техники для лучевой диагностики: «Медицинская техника», «Радиология-практика», «Медицинский алфавит», «Медицинская физика»,

«Медицинская визуализация». Раз в два года в Санкт-Петербурге проводится Невский радиологический форум, где предусмотрены техническая выставка и секция, посвященная физико-техническим проблемам рентгеноаппаростроения. Каждый год в Москве проходит международный конгресс «Радиология», по крайней мере дважды в год организуются расширенные технические выставки с демонстрациями последних технических достижений в области лучевой диагностики.

К настоящему времени отечественная промышленность производит практически всю номенклатуру изделий для общей рентгенодиагностики: маммографы, цифровые флюорографы, передвижные кабинеты на шасси автомобилей для цифровой рентгенографии и маммографии, хирургические рентгеновские аппараты типа «С-дуга», некоторые виды цифровых преобразователей рентгеновского изображения, магнитно-резонансные томографы на постоянных магнитах.

Ряд комплектующих элементов для отечественных РА закупается за рубежом (наиболее сложные детали штативов, преобразователи рентгеновского изображения, элементы электроники, ПЗС-матрицы и т.п.).

Рентгеновские компьютерные томографы, цифровые флат-панели, остеоденситометры, магнитно-резонансные томографы на сверхпроводящих магнитах по-прежнему закупаются по импорту.

В 1995 году был прекращен выпуск аппаратов серии РУМ-20 и отечественные производители приступили к серийному производству нового класса аппаратуры с инвертированием частоты. К этому же времени относятся первые разработки отечественных аппаратов для цифровой рентгенографии.

За пятнадцать лет молодая российская рентгенотехника достигла такого уровня, что, как уже говорилось, по национальной программе «Здоровье» в 2006-2007 годах 87 % или около 7500 изделий для рентгенодиагностики, поставленных в лечебную сеть страны, было отечественного производства.

Литература

1. В. К. Шмелев. Рентгеновские аппараты». Изд.4. М.: Энергия, 1972 г.
2. «Рентгено-диагностические аппараты». Под ред. Н. Н.Блинова. М.: Медицина, 1975 г.
3. Соколов В. Г., Туманов Н. И., Шварцман А.З. «Рентгенодиагностические штативы». М.: Медицина, 1980 г.
4. Блинов Н. Н., Владимиров Л. В., Кронгауз А. Н. «Рентгеновская экспонетрия». М: Энергия, 1976 г.
5. Ставицкий Р. В., Рабкин И. Е., Блинов Н. Н., Васильев Ю. Д. «Тканевые дозы при рентгенодиагностических исследованиях». М.: Медицина, 1985 г.
6. «Техническое оснащение лучевой диагностики». Под ред. проф. И. А. Переслегина. М.: Медицина, 1980 г.
7. Блинов Н. Н., Жуков, Козловский Э. Б., Мазуров А. И. «Телевизионные методы обработки рентгеновских изображений». М.: Медицина, 1984 г.
8. «Рентгенотехника». Справочник в 2 томах». Под ред. акад. РАН Клюева В. В. М.: Машиностроение, 1994 г.
9. «Эксплуатация и ремонт рентгенодиагностических аппаратов». Под ред. Блинова Н. Н. М.: Медицина, 1980 г.
10. Основы рентгенодиагностической техники. Под ред. Н. Н.Блинова. М.: Медицина. 2002 г.
11. Рентгенодиагностические аппараты. В 2-х т. Под ред. Н. Н. Блинова и Б. И. Леонова, М., ВНИИИМТ, 2001 г.
12. М.М.Зеликман. Цифровые системы в медицинской рентгенодиагностике М.: Медицина, 2007 г.
13. Н.Н.Блинов. Глаз и изображение. М.: Медицина, 2004 г.
14. Руководство по амбулаторно-поликлинической инструментальной диагностике. Под ред. акад. РАМН С. К. Тернового. М.: «ГЭОТАР-Медиа», 2008 г.
15. Блинов Н. Н., Костылев В. А., Наркевич Б.Я. Физические основы рентгенодиагностики. Учеб. пособие. М.: АМФ-Пресс, 2002 г.