Научная статья
УДК 7.05, 615.47, 621.386
EDN BTFBVJ
https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-3-73-105-111
Дмитрий Вячеславович Перевощиков
Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, Москва, Россия
perevoshchikov_dv@rsmu.ru; https://orcid.org/0009-0000-3967-5900

ОТ «ЛАБОРАТОРНОЙ МАШИНЫ» К «ИНСТРУМЕНТУ-ПАРТНЕРУ»: ЭВОЛЮЦИЯ ДИЗАЙНА РЕНТГЕНОВСКОЙ ТЕХНИКИ КАК ОТРАЖЕНИЕ СМЕНЫ ПАРАДИГМ В МЕДИЦИНСКОМ ОБОРУДОВАНИИ (КОНЕЦ XIX – 2010-е гг.)

Аннотация. *В статье применяется историко-типологический анализ рентгеновского оборудования на протяжении четырех этапов: «инструментальная функциональность» (конец XIX в. – 1940-е гг.), «технологическая трансформация» (1950–1970-е гг.), «интеграция эргономики и безопасности» (1980–1990-е гг.), «человекоцентричный опыт» (2000–2010-е гг.). Анализ на каждом этапе фокусируется на форме, эргономике, интерфейсе, семантике и пользовательском опыте. Результат исследования состоит в выявлении четкого вектора развития дизайна медицинского оборудования: от пугающей «лабораторной» установки к бионическим формам; от игнорирования антропометрии к комплексной когнитивной эргономике; от демонстрации научного статуса к ассоциациям с заботой, безопасностью и технологическим партнерством. Выводы: генеральный вектор эволюции может быть охарактеризован как движение от доминанты технической функции («инструмент, диктующий свои условия») через обеспечение безопасности и эргономики («инструмент, которым удобно и безопасно пользоваться») к формированию целостного пользовательского опыта («инструмент-партнер, создающий комфорт и доверие»). Без этой исторической ретроспективы современные тренды – дематериализация интерфейсов, адаптивность, контекстуальная интеграция – могут восприниматься как изолированные инновации, что создает помеху для обоснованного прогнозирования дальнейшего развития дизайна медицинской техники.*
Ключевые слова: *промышленный дизайн, рентгеновская техника, эволюция дизайна, история медицинского оборудования, человекоцентричный дизайн, дизайн медицинских изделий, развитие дизайна медицинской техники*

Для цитирования: Перевощиков Д. В. От «лабораторной машины» к «инструменту-партнеру»: Эволюция дизайна рентгеновской техники как отражение смены парадигм в медицинском оборудовании (конец XIX – 2010-е гг.) // Технологии и качество. 2026. № 3(73). С. 105–111. https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-3-73-105-111.

Original article
Dmitry V. Perevoshchikov
Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

FROM THE “LABORATORY MACHINE” TO THE “PARTNER TOOL”:
THE EVOLUTION OF X-RAY EQUIPMENT DESIGN AS A REFLECTION
OF PARADIGM SHIFTS IN MEDICAL DEVICES (LATE 19TH CENTURY – 2010^{S})

Abstract. *The article employs historical-typological analysis of X-ray equipment across four stages: “instrumental functionality” (late 19th century – 1940s), “technological transformation” (1950s – 1970s), “integration of ergonomics and safety” (1980s – 1990s), and “human-centered experience” (2000s – 2010s). The analysis at each stage focuses on form, ergonomics, interface, semantics, and user experience. The study reveals a clear vector in the development of medical equipment design: from a frightening “laboratory” device to biomorphic forms; from disregard for anthropometry to comprehensive cognitive ergonomics; from the demonstration of scientific status to associations with care, safety, and technological partnership. The general vector of evolution can be characterized as a movement from the dominance of technical function*

© Перевощиков Д. В., 2026

(“an instrument that dictates its own conditions”) through the provision of safety and ergonomics (“an instrument that is comfortable and safe to use”) to the formation of a holistic user experience (“a partner tool that creates comfort and trust”). Without this historical retrospective, current trends – interface dematerialization, adaptability, contextual integration – risk being perceived as isolated innovations, which hinders informed forecasting of the further development of medical equipment design.
Keywords: *industrial design, X-ray equipment, design evolution, history of medical equipment, human-centered design, design of medical products, development of medical equipment design*

For citation: Perevoshchikov D. V. From the “laboratory machine” to the “partner tool”: the evolution of X-ray equipment design as a reflection of paradigm shifts in medical devices (late 19th century – 2010s). Technologies & Quality. 2026. No 3(73). P. 105–111. (In Russ.) https://doi.org/ 10.34216/2587-6147-2026-3-73-105-111.

Рентгеновская техника представляет собой уникальный объект для историко-типологического анализа дизайна медицинского оборудования. Эволюция данного типа оборудования, прослеживаемая на протяжении более чем ста лет (от первых установок конца XIX – начала XX века до современных аппаратов), отражает смену технологических укладов, медицинских практик и проектных парадигм. Последний аспект имеет особое значение для настоящего исследования [1].

Среди отечественных исследований уже решалась задача историко-типологического структурирования дизайна, в частности Н. А. Ковешниковой, которая выделяла четыре основных периода проектной культуры: «1) проектная культура модернизма (1910–1930); 2) проектная культура классического функционализма (1950–1960); 3) проектная культура постмодернизма (1970–1980); 4) проектная культура «постиндустриального» дизайна (рубеж XX–XXI вв.)» [2, с.16]. Предложенная Н. А. Ковешниковой периодика ориентирована на масштабный уровень «проектной культуры»и прекрасно согласуется с общей логикой смены дизайнерских парадигм. Однако применительно к медицинским изделиям, и в особенности к рентгеновским установкам, прямое перенесение этой периодизации будет не корректным.

Одна из причин этого заключается в том, что историческое развитие радиологии и рентгеновской техники имеет собственную динамику, определяемую не только общими тенденциями дизайна, но и спецификой научных открытий, технологических укладов и медицинских стандартов [1, 3].

В связи с этим в данной статье предлагается авторская периодика, состоящая из четырех этапов:

1) этап инструментальной функциональности (конец XIX – 1940-е гг.);
2) этап технологической трансформации (1950–1970-е гг.);
3) этап интеграции эргономики и безопасности (1980–1990-е гг.);
4) этап человекоцентричного опыта (2000–2010-е гг.).

Рассмотрим эти этапы.

1. Этап инструментальной функциональности (конец XIX – 1940-е гг.): технологическая новизна и лабораторный образ.

Первые рентгеновские аппараты конца XIX – начала XX века были не столько медицинским оборудованием в современном смысле, сколько чудом техники, лабораторными установками, адаптированными для клинического использования. Их дизайн определялся исключительно техническими ограничениями и физикой процесса, что отражает доминирование «машиноцентричной» парадигмы [4].

Форма и конструкция. Ранние рентгеновские установки представляли собой открытые конструкции: рентгеновская трубка, высоковольтный генератор и провода монтировались на деревянных или металлических штативах без каких-либо защитных кожухов. Форма диктовалась компоновкой узлов и расположением деталей, а не эргономическими или эстетическими соображениями. Аппараты выглядели как «лабораторные машины» – с множеством выступающих деталей, проводов и регулировочных винтов (рис. 1).

Отсутствие унификации приводило к тому, что каждый аппарат имел уникальную конфигурацию [1].

Эргономика и безопасность. Взаимодействие с оборудованием требовало высокой квалификации и физической выносливости. Органы управления (рукоятки, переключатели, реостаты) были разнесены по разным блокам, не имели стандартизированной маркировки. Рабочее место врача не проектировалось: медицинский работник был вынужден подстраиваться под аппарат, а не наоборот. Безопасность ограничивалась технической исправностью; системный учет радиационных рисков отсутствовал [5].

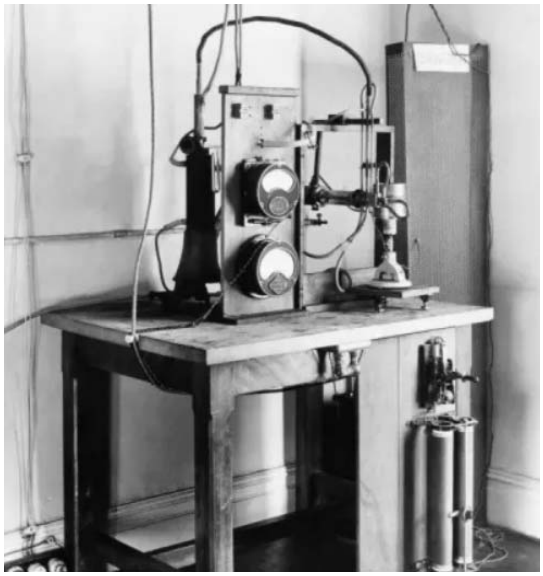


Рис. 1. Рентген-аппарат, начало XX века

Семантика. Визуальный образ раннего рентгеновского аппарата сочетал мотивы прогресса и угрозы. Для общества начала XX века он символизировал одновременно «прозрачное тело» как победу науки и «опасное излучение» как неизведанную угрозу. Открытые механизмы, искрящие разрядники, массивные изоляторы создавали впечатление научного эксперимента, а не обыденной медицинской процедуры. Пациент воспринимал оборудование как нечто пугающее и неизведанное [6].

Значение этапа. Несмотря на примитивность с точки зрения современного дизайна, этот этап заложил типологические основы: сформировалась базовая компоновка «источник излучения – объект – детектор», появились первые стандартизированные компоненты, началось осознание необходимости защиты персонала и пациентов. Главное противоречие этапа – разрыв между технологической новизной и неготовностью дизайна учитывать полный цикл влияния устройства на человека и среду.

2. Этап технологической трансформации (1950–1970-е гг.): стандартизация и серийность.

Послевоенные десятилетия стали периодом радикального обновления рентгеновской техники. Наследие военной медицины (требования мобильности, стандартизации, быстроты развертывания), развитие химической промышленности (появление пластика) и рост больничной инфраструктуры привели к качественным изменениям в дизайне [1].

Форма и конструкция. Рентгеновские аппараты этого периода приобретают более технологичный, «серийный» вид. Появляются унифицированные серийные решения: штативы с системой разгрузки и точной подстройки, стандартизированные рентгеновские столы, консольные пульты управления. Аппараты перестают быть уникальными лабораторными конструкциями и становятся тиражируемыми промышленными изделиями (рис. 2).

Эргономика и безопасность. В отличие от предыдущего этапа, начинают учитываться рабочие дистанции, зоны досягаемости, углы обзора. Органы управления группируются на панелях. В механизированные системы подстройки стола и трубки добавляются противовесы и редукторы, уменьшающие физическую нагрузку на врача. Безопасность пользователя учитывается посредственно, открытые системы регулировок и провода без маршрутизации, лежащие на полу, свидетельствуют об этом. Однако радиационная безопасность становится частью проектирования: появляются передвижные защитные ширмы и стационарные экранированные пультовые. Рентген-кабинеты проектируются как специализированные помещения с защитой стен [5].

Семантика. Образ рентгеновского аппарата меняется от «лабораторной установки» к «профессиональному медицинскому инструменту». Закрытые корпуса, упорядоченные панели снижают визуальную угрозу и встраивают оборудование в больничную среду. Аппарат начинает ассоциироваться с надежностью, контролируемостью и научной обоснованностью диагностики. Однако для пациента он по-прежнему остается сложным и отчужденным [6].

Значение этапа. Этот период заложил материальные и эргономические основы современного дизайна медицинского оборудования. Рентгеновские аппараты становятся стандартизированными, относительно безопасными и удобными в эксплуатации. Главное противоречие – разрыв между технологическим прогрессом и гуманистической рефлексией: пациент остается в значительной степени «невидимым» для проектирования.

3. Этап интеграции эргономики и безопасности (1980–1990-е гг.): переход к цифре и управление рисками.

Этот период ознаменовался революционным изменением в технологиях, широкое распространение микропроцессоров позволило перейти от аналоговой рентгенографии к цифровой. Требования безопасности и эргономики на этом этапе формализуются в стандартах IEC 62366-1 6; IEC 60601-1 4; ISO 9241-210, что соответствует переходу к системному human-factors подходу в проектировании медицинских изделий. Дизайн начинает рассматриваться как инструмент управления клиническими рисками [7].

Форма и конструкция. Рентген-аппараты 1980–1990-х годов имеют схожую с предшественниками компоновку, мы можем наблюдать знакомые нам стол пациента и излучатель, размещенный над ним (рис. 3).

Однако конструкция стала более закрытой и безопасной: механизмы регулировок спрятаны за панелями корпуса, силовые провода по-прежнему проложены снаружи, но излучатель крепится на телескопическом приводе к потолку кабинета и кабель, не пересекаясь с пользователем, устремляется вверх. Форма достаточно угловатая «коробчатая», заметно, что все узлы и детали пытались спрятать, пусть самыми простыми, но защитными кожухами. Цветовая гамма – светлые тона с акцентными элементами (белый и светло-серый цвета преобладают).

Эргономика и безопасность. Рабочее место врача теперь стандартизировано в виде письменного стола с персональным компьютером и проектируется как единый эргономический комплекс: стол с монитором, клавиатурой и специализированным пультом управления. Появляются элементы графического пользовательского интерфейса (GUI), снижающие когнитивную нагрузку. Безопасность закрепляется нормативно: стандарты IEC 60601 задают требования к электрической, механической и радиационной безопасности. Регулировка аппарата перед запуском происходит посредством сервоприводов, что также способствует снижению нагрузки на врача [7].

Семантика. Образ рентген-аппарата ассоциируется с высокими технологиями, точностью и надежностью. Закрытый корпус, отсутствие множества открытых механизмов, продуманная эргономика создают впечатление контролируемости и безопасности процесса. Однако угловатые формы создают впечатление пусть и не «лабораторной машины» и «эксперимента», как в случае с первыми аппаратами, но «инструмента», «машины», которая выглядит совсем не дружелюбно и по-прежнему вызывает чувство тревоги [6].

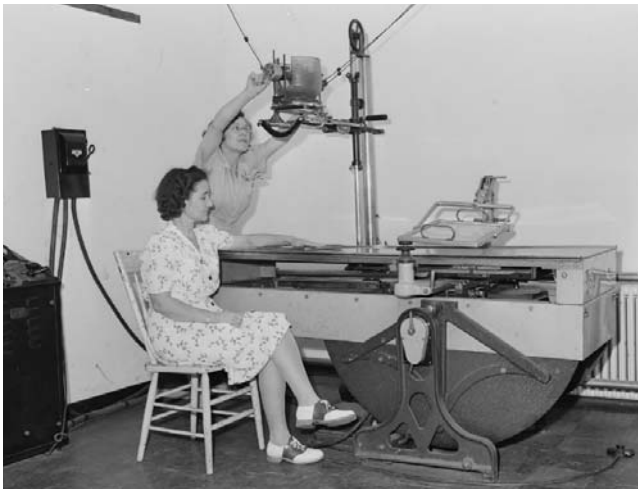


Рис. 2. Рентген-аппарат, середина XX века



Рис. 3. Рентген-аппарат, конец XX века

Противоречия этапа. Технологический скачок (цифровая обработка) по-прежнему находится в отрыве от гуманистической рефлексии, оборудование стало более эргономичным и безопасным, а изображение, получаемое в цифровом виде, стало качественным и удобным для исследования. Можно сказать, что проектировщики уже думают о медицинских работниках, но еще не думают о пациентах.

4. Этап человекоцентричного опыта (2000–2010-е гг.): от стандартов безопасности к пользовательскому опыту.

На рубеже XX–XXI веков и в последующие два десятилетия дизайн рентгеновской техники вступает в фазу, которую можно охарактеризовать как человекоцентричную парадигму. Ключевой сдвиг – от минимизации вреда и защиты от ошибок к активному формированию позитивного пользовательского опыта, эмоционального комфорта и бесшовной интеграции в клинические сценарии.

Форма и конструкция. Рентген-аппараты 2000–2010-х годов демонстрируют решительный отказ от «коробчатого образа» и острых углов (рис. 4).

Форма становится бионической, скульптурной, с множеством скруглений. Излучатель теряет прямоугольные очертания, приобретая обтекаемый силуэт. Основание стола приобретает округлый, складчатый, мягкий кожух, который скрывает механизмы регулировки по высоте и напоминает естественную для живой природы перепончатую структуру. Цветовая гамма расширяется: наряду с белым и серым,

используются пастельные голубые тона, двух- и трехцветные схемы. Силовой кабель упакован в массивную, гофрированную защиту, уходящую под потолок, все решения направлены на создание дружелюбного образа [3].

Эргономика и пользовательский опыт. Для врача проектируется рабочее место, минимизирующее физическую и когнитивную нагрузку: регулировки электрическими приводами, удобные рукоятки, монитор высокого разрешения, интуитивно понятные графические интерфейсы, инструменты автоматизации рутинных операций.

Семантика. Современный рентген-аппарат ассоциируется с передовой, «умной» и при этом «дружественной» медициной. Он воспринимается как высокоточный, но заботливый инструмент-партнер, а не пугающая машина. Бионические скругления сигнализируют о безопасности («не ударит, не поранит»), приятные спокойные оттенки – о заботе и комфорте, высокотехнологичный интерфейс – о точности и компетентности. Оборудование перестает доминировать над пациентом, становясь элементом поддерживающей среды [6].

Противоречия. Несмотря на значительный прогресс, сохраняются проблемы доступности (дороговизна оборудования ограничивает его распространение в малых клиниках и развивающихся странах) [6].

Проведенный анализ позволяет выделить генеральный вектор эволюции дизайна рентгеновской техники.

Форма: от открытых лабораторных конструкций через строгие закрытые корпуса к бионическим, скульптурным оболочкам.

Эргономика: от игнорирования антропометрии через учет физических параметров к комплексной когнитивной эргономике, минимизирующей нагрузку на персонал и стресс пациента.

Интерфейс: от множества разнесенных рукоятей и переключателей через сгруппированные панели к интуитивным сенсорным экранам.

Безопасность: от отсутствия системной защиты через конструктивное экранирование и нормирование доз к комплексной безопасности (радиационной, электрической, когнитивной, цифровой).

Семантика: от демонстрации научного статуса и технической сложности через образ «надежного инструмента» к ассоциациям с «заботой», «безопасностью» и «технологическим партнерством».

Пользователь: от врача как единственного адресата проектирования через учет физических потребностей персонала к комплексному учету опыта всех участников – врача, пациента, родственников.

Этот вектор можно охарактеризовать как движение от доминанты технической функции («инструмент, диктующий свои условия») через обеспечение безопасности и эргономики («инструмент, которым удобно и безопасно пользоваться») к формированию целостного пользовательского опыта («инструмент-партнер, создающий комфорт и доверие») [4].



Рис. 4. Рентген-аппарат, начало XXI века

ВЫВОДЫ

Рентгеновский аппарат прошел путь от пугающей «лабораторной машины», требующей от врача подстройки под нее, до «инструмента-партнера», который подстраивается под врача и пациента, создавая комфортную, безопасную и психологически поддерживающую среду.

Вместе с тем анализ показывает закономерные противоречия: повышение технологического совершенства зачастую снижает доступность решений, внедрение цифровых технологий осложняется непрозрачностью алгоритмов, а фокус на комфорте ведет к росту экологической нагрузки [8, 9]. Решение этих противоречий – задача следующего этапа развития дизайна медицинского оборудования, контуры которого уже просматриваются в трендах дематериализации интерфейсов, адаптивности и интеграции оборудования в цифровые экосистемы здоровья.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. История радиологии: хронология, первопроходцы, изобретения // Рамсофт. URL: https://www.ramsoft.com/blog/history-of-radiology (дата обращения: 08.04.2026).
2. Ковешникова Н. А. Парадигмы проектной культуры // Международный журнал исследований культуры. 2016. № 4(25). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/paradigmy-proektnoy-kultury (дата обращения: 08.04.2026).
3. Парадигма инженерной психологии для безопасности пациентов: проектирование для поддержки работы медицинских работников / Б. Т. Карш, Р. Дж. Холден, С. Дж. Альпер, С. К. Ор // Качество и безопасность в здравоохранении. 2006. Т. 15, Прил. 1. С. I59–I65.
4. Браун Т. Дизайн-мышление в бизнесе: от разработки новых идей до построения целой корпорации М. : Манн, Иванов и Фербер, 2018. 256 с.
5. Норман Д. А. Психология повседневных вещей. 2-е изд. М. : Вильямс, 2006. 416 с.
6. Папанек В. Дизайн для реального мира: экология человека и социальные изменения. М. : Д. Аронов, 2008. 414 с.
7. Зиверт Б., Хохман М. Г. Повышение безопасности с помощью инженерной психологии // Радиографикс. 2015. Т. 35, № 6. С. 1694–1705.
8. Проектирование системы управления медицинскими изображениями: практический экономически эффективный подход / С. Б. Сешадри, Р. Л. Аренсон, Ф. ван дер Ворде, С. Халса, Х. Л. Кундел, И. Брикман // Компьютерные методы и программы в биомедицине. 1987. Т. 25, № 2. С. 185–192.
9. Абдельвахаб М., Аббуд Д., Эль-Адави Н. Опыт взаимодействия и пользовательский интерфейс (UX & UI) дисплеев медицинских устройств: систематический обзор литературы и очерк упущенных возможностей // Журнал искусства, дизайна и музыки. 2024. № 3. С. 193.

REFERENCES

1. History of radiology. URL: https://www.ramsoft.com/blog/history-of-radiology (accessed 08.04.2026). (In Russ.)
2. Koveshnikova N. A. Paradigms of Project Culture. *Mezhdunarodnyj zhurnal issledovanij kul'tury* [International Journal of Cultural Research]. 2016;4(25). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/paradigmy-proektnoy-kultury (accessed 08.04.2026). (In Russ.)
3. Karsh B. T., Holden R. J., Alper S. J., Or C. K. A human factors engineering paradigm for patient safety: designing to support the performance of the healthcare professional. *Kachestvo i bezopasnost' v zdravoohranenii* [Quality and Safety in Health Care]. 2006;15,1:I59–I65. (In Russ.)
4. Brown T. Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation. Moscow, Mann, Ivanov i Ferber Publ., 2018. 256 p. (In Russ.)
5. Norman D. A. The Design of Everyday Things. 2nd ed. Moscow, Williams Publ., 2006. 416 p. (In Russ.)
6. Papanek V. Design for the Real World: Human Ecology and Social ChangeMoscow, D. Aronov Publ., 2008. 414 p. (In Russ.)
7. Siewert B., Hochman M. G. Improving safety through human factors engineering. *Radiografiks* [Radiographics]. 2015;35(6):1694–1705. (In Russ.)
8. Seshadri S. B., Arenson R. L., van der Voorde F., Khalsa S., Kundel H. L., Brikman I. Design of a medical image management system: a practical cost-effective approach. *Komp'yuternye metody i programmy v biomedicine* [Computer Methods and Programs in Biomedicine]. 1987;25(2):185–192. (In Russ.)

9. Abdelwahab, M., Abboud, D., & El-Adawy, N. User experience and user interface (UX & UI) of medical device displays: systematic review of literature & outline of missing opportunities. *Zhurnal iskusstva, dizajna i muzyki* [Journal of Art, Design and Music]. 2024;3:193. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 10.04.2026
Принята к публикации 02.07.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ
Д. В. Перевощиков, заведующий лабораторией промышленного дизайна