

DOI: 10.36340/2071-6818-2026-22-5-80-87

HUMANIZATION IN CONTEMPORARY MEDICAL EQUIPMENT DESIGN

Summary: *The article examines the trend toward humanization in contemporary medical equipment design. Contemporary medical equipment design is evolving from the design of a stand-alone technical device toward the creation of a human-centered sociotechnical system, in which humanization determines the value orientation of the future product. Interaction with medical equipment typically occurs under conditions of stress, physical vulnerability, and the risk of error, which demands particular attention to the quality of the product's design. This study considers humanization in the context of these conditions and from the standpoint of regulatory requirements for the safety of medical devices. The study defines the human-*

ization of medical equipment as a comprehensive design strategy intended to resolve the dual-audience problem characteristic of medical device design. Several levels of humanization are identified: formal, ergonomic, cognitive, emotional, and ethical. Humanization is shown to have natural limits set by the requirements of safety, sterility, and functional effectiveness. It does not replace technical criteria but complements them, ensuring that the product matches real human experience

Keywords: *medical equipment, medical equipment design, humanization, contemporary design, medical device development, human-centered design, user experience, ergonomics, interface.*

Contemporary medical equipment is developing amid the steady growth in technological complexity and rising expectations for the quality of the user's interaction with the technical system. The expansion of device functionality and the development of digital technologies change not only the product's internal structure but also the way it is designed. Equipment is increasingly regarded not as a self-contained unit but as part of a digital hospital environment, on which the quality of medical staff's work and patient comfort depend (Rodriguez et al., 2023; Tzimourta, 2025).

Medical equipment development has always prioritized the reliability, precision, and functional effectiveness of the device. However, this is no longer sufficient: the user's emotional state, the environment, the social context, and the duration of interaction with the equipment must also be taken into account (Bates, 2018).

It is important to understand that human-centered design of medical devices is not a matter of the designer's excessive sentimentality in the pursuit

of emotional comfort and ease of use; it is, above all, a way of reducing the likelihood of error, ensuring safety, and matching the device to real conditions of use (St.Amant, 2021).

For example, the need for contextual analysis is embedded in current guidance on applying human factors engineering to medical device development. These documents stress that target users, the use environment, operating conditions, training, and real-world interaction scenarios must all be considered. In particular, the same device may require different design solutions in an operating room, a doctor's office, or a home setting (MHRA, 2021; FDA, 2026).

In other words, this raises the central problem of medical design: the dual nature of the user audience.

The same device must serve as a professional tool for the physician or nurse while also forming part of an emotionally complex experience for the patient. Each side has its own "success criteria." For the specialist, these are speed of access to information, precision of control, and the ability to re-



Focused ultrasound device for neurosurgery. Designer: Dmitry Perevoshchikov

spond quickly to critical changes. For the patient, what matters is understanding the situation, reduced anxiety, preserved bodily dignity, and freedom from a sense of total dependence on the technology.

Humanization is intended to resolve this problem. It does not mean simplifying equipment uniformly for all users; on the contrary, it implies differentiating the levels of interaction.

A complex system can remain technologically rich if its interface, form, and usage scenarios allow each participant to interact with it at an appropriate level. The professional user has access to an extended set of data and functions, while the patient receives the necessary information in understandable form, without an excessive display of technical complexity (Wang et al., 2023).

Consequently, the designer's task is not to create a single universal interface for everyone but to build several levels of interaction. The first level may be aimed at the medical specialist and include extended parameters, diagnostic data, and settings. The second may be aimed at the patient and provide clear communication: a notification that a procedure is starting, how long it will last, and whether the patient needs to hold a certain body position or follow a specific instruction.

Such a division does not necessarily require two physically separate interfaces. It can be achieved through different display modes, changes in the

scale of information, color hierarchy, and the spatial arrangement of elements. As a result, the same equipment can adapt to different usage scenarios (Wang et al., 2023).

For design, this means a shift from treating the product as a "separate unit" to designing a set of interactions distributed among different users (MHRA, 2021; FDA, 2026).

An important component of humanization is the emotional impact of form. For example, medical equipment has traditionally tended toward a laboratory look: numerous cables, mechanical connections, and warning lights visually signal the device's specialized purpose. Such an appearance may be justified in a professional setting; however, in contact with the patient it can provoke anxiety. Patients usually lack the specialized knowledge needed to understand what individual elements of the equipment are for. The medical specialist, by contrast, must quickly interpret a large volume of information and make decisions according to the clinical protocol. Humanization must therefore address not an abstract "user" but a system of distinct user roles (Rodriguez et al., 2023).

This is especially important in pediatrics, rehabilitation, diagnostics, and home care. For a child, a medical device with alarm sounds and bright indicator lights can be a powerful source of fear. For an elderly person, difficulty in navigating the con-

trols can heighten a sense of helplessness. For a patient using a medical device at home, the "hospital" look of the equipment can underline the status of being ill and disrupt the familiar perception of the living space (Yen and Woolley, 2003).

Hence the tendency in contemporary products toward a more neutral or even domestic visual language: a calm color palette, rounded elements, a visually unified housing, fewer exposed technical details, and an interface integrated into the overall form of the product. However, these techniques are not in themselves evidence of humanization. Their value depends on whether they help the user understand the device better and feel more confident, or merely mask complexity behind an attractive exterior.

A separate strand of humanization concerns preserving the patient's personal dignity and freedom of movement. Medical equipment often involves restraining the limbs, exposing parts of the body, or holding an uncomfortable position for a long time. In such cases, design must ensure a comfortable relationship between the patient's body, the medical staff, and the device (Yen and Woolley, 2003).

The designer must bear in mind that the patient interacts with the equipment in a situation of reduced autonomy. The patient is not always able to refuse a procedure, change the conditions of interaction, or choose another device. Medical equipment design therefore carries a particular responsibility: technical necessity must not automatically justify disregarding the user's emotional state and subjective experience (Yen and Woolley, 2003).

This problem is especially evident in devices intended for long-term use. Whereas diagnostic equipment is in contact with a person for a limited time, monitoring systems and rehabilitation devices become part of everyday life. Their design affects users' self-perception, their willingness to continue treatment, and their ability to fit the device into their daily routine.

In this sense, humanization involves reducing the stigmatizing effect of medical equipment. A product can perform a clinically important function without visually locking the user into the role of a sick person. A device that can be used at home, carried on one's person, or placed in a living environment without a constant feeling of medical monitoring helps preserve a person's social and domestic independence.

Humanization is most directly manifested in the interface. The contemporary interface of medical equipment must not only provide access to functions but also establish a coherent model of interaction that is understandable to a user with a given level of training and in a particular emotional state (Harte et al., 2017; Jiang, Huang and Wang, 2025).

For professional devices, this means the need to structure informational complexity. The medical specialist must see, first and foremost, the parameters relevant to the current action. Secondary data may remain accessible but must not compete with critical signals. This requires a hierarchical structuring of information and the consistent use of color, size, contrast, sound, and tactile feedback.

For the patient, a humanized interface must explain rather than merely signal. For example, instead of an impersonal signal that the mode has changed, it can explain what is happening, how long it will last, and whether any action is required on the user's part. Even a small gain in clarity can reduce anxiety and increase the patient's willingness to follow the procedure.

Contemporary human-centered design methods focus on testing such solutions in real scenarios. Their goal is not only to increase user satisfaction but also to improve the usability, safety, and operational reliability of the medical device. Humanization must therefore be validated through observation, prototyping, and testing, not merely by the designer's subjective judgment (St.Amant, 2021).

It should also be recognized that medical equipment cannot be fully subordinated to the user's emotional expectations, since its form and interface are bound by requirements of safety, sterilization, maintenance, electromagnetic compatibility, and clinical use. Certain structural elements may look awkward or unattractive yet be essential to the device's reliable operation. Thus, one study describes a tragic case in which a development team, seeking to reduce staff fatigue from alarm signals, lowered the volume of alerts on a neonatal intensive care system and configured it so that, if there was no response or incoming signal for three minutes, it switched off automatically. When a newborn's pulse disappeared, the device interpreted this as a shutdown and stopped sounding the alarm, which led to a tragedy (Fuerch et al., 2019).

This is precisely why humanization must be seen as a process of balancing rather than a replacement of technical criteria with aesthetic ones. Its task is

to find ways of embodying mandatory technical requirements in a form that does not heighten anxiety, complicate use, or violate the user's dignity.

The analysis presented here allows humanization to be regarded as one of the defining trends in contemporary medical equipment design. Unlike stylistic movements, humanization does not involve the formation of a stable visual canon. Its essence is a change in the very approach to design, in which the technical effectiveness of the product is reconciled with the physical, cognitive, emotional, and ethical characteristics of the human being.

Humanization of medical equipment is manifested at several interconnected levels. At the formal level, it is expressed in the search for a sculptural and color solution that conveys reliability and precision without heightening a sense of threat. At the ergonomic level, in organizing convenient

and safe interaction that accounts for the anthropometric and motor characteristics of different user groups. At the cognitive level, in reducing information overload, establishing a clear hierarchy of signals, and providing understandable control logic. At the emotional level, in reducing anxiety, creating a predictable environment, and maintaining a sense of control over the situation. At the ethical level, in respect for dignity, bodily autonomy, and the patient's right to understand what is happening.

The key factor in the further development of this trend is the expansion of home use of medical equipment, where the user remains alone with the device without the constant presence of a specialist.

Humanization is thus not a passing fashion but a lasting trend that reflects the changing role of medical equipment in the healthcare system.

REFERENCES:

1. Bates, V. (2018) "Humanizing' healthcare environments: architecture, art and design in modern hospitals', *Design for Health*, 2(1), pp. 5–19. doi: 10.1080/24735132.2018.1436304.
2. Fuerch, J.H., Sanderson, P., Barshi, I. and Liley, H. (2019) 'Developing safe devices for neonatal care', *Seminars in Perinatology*, 43(8), 151176. doi: 10.1053/j.semperi.2019.08.005.
3. Harte, R., Glynn, L., Rodríguez-Molinero, A., Baker, P.M., Scharf, T., Quinlan, L.R. and ÓLaighin, G. (2017) 'A human-centered design methodology to enhance the usability, human factors, and user experience of connected health systems: a three-phase methodology', *JMIR Human Factors*, 4(1), e8. doi: 10.2196/humanfactors.5443.
4. Jiang, M., Huang, J. and Wang, L. (2025) 'Adaptive user interfaces for wearable medical devices using deep Q-learning and Golden Jackal Optimization', *Scientific Reports*, 15, 44776. doi: 10.1038/s41598-025-28937-z.
5. Medicines and Healthcare products Regulatory Agency (MHRA) (2021) *Human factors and usability engineering – guidance for medical devices including drug-device combination products. Version 2.0*. London: MHRA. Available at: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/60521d98d3bf7f0455a6e61d/Human-Factors_Medical-Devices_v2.0.pdf (Accessed: 2 September 2026).
6. Rodriguez, N.M., Burleson, G., Linnes, J.C. and Sienko, K.H. (2023) 'Thinking beyond the device: an overview of human- and equity-centered approaches for health technology design', *Annual Review of Biomedical Engineering*, 25, pp. 257–280. doi: 10.1146/annurev-bioeng-081922-024834.
7. St.Amant, K. (2021) 'Cognition, care, and usability: applying cognitive concepts to user experience design in health and medical contexts', *Journal of Technical Writing and Communication*, 51(4), pp. 407–428. doi: 10.1177/0047281620981567.
8. Tzimourta, K.D. (2025) 'Human-centered design and development in digital health: approaches, challenges, and emerging trends', *Cureus*, 17(6), e85897. doi: 10.7759/cureus.85897.
9. U.S. Food and Drug Administration (FDA) (2026) *Applying human factors and usability engineering to medical devices: guidance for industry and Food and Drug Administration staff*. Silver Spring, MD: FDA. Available at: <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/applying-human-factors-and-usability-engineering-medical-devices> (Accessed: 2 September 2026).
10. Wang, W., Khalajzadeh, H., Grundy, J. and Madugalla, A. (2023) 'Adaptive user interfaces for software supporting chronic diseases', in *2023 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC)*. Washington, DC: IEEE, pp. 215–218. doi: 10.1109/VL-HCC57772.2023.00034.
11. Yen, C.C. and Woolley, M.S. (2003) 'Designing for patient-centeredness: the design of hemodialysis equipment', *Journal of Design*, 8(2), pp. 1–20.

ГУМАНИЗАЦИЯ В СОВРЕМЕННОМ ДИЗАЙНЕ МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация: В статье исследуется тенденция гуманизации в современном дизайне медицинского оборудования. Современный дизайн медицинского оборудования развивается от проектирования автономного технического устройства к формированию человекоцентричной социотехнической системы, в которой гуманизация определяет ценностную ориентацию будущего изделия. Взаимодействие с медицинским оборудованием, как правило, происходит в условиях стресса, физической уязвимости и риска совершения ошибки, что требует особого внимания к качеству проектирования будущего изделия. В данном исследовании гуманизация рассматривается в контексте описанных условий, а также с точки зрения регуляторных требований к безопасности медицинских устройств. В результате исследования гуманизация медицинского оборудования определена как

комплексная проектная стратегия, которая призвана разрешить проблему двойственности пользовательской аудитории, характерную для дизайна медицинских устройств. Выделено несколько уровней гуманизации: формальный, эргономический, когнитивный, эмоциональный, этический. Установлено, что гуманизация имеет естественные границы, определяемые требованиями безопасности, стерильности и функциональной эффективности. Она не заменяет технические критерии, а дополняет их, обеспечивая соответствие изделия реальному человеческому опыту.

Ключевые слова: медицинское оборудование, дизайн медицинского оборудования, гуманизация, современный дизайн, разработка медицинских изделий, человекоцентричный дизайн, пользовательский опыт, эргономика, интерфейс.

Современное медицинское оборудование развивается в условиях постоянного усложнения технологической основы и повышения требований к качеству взаимодействия пользователя с технической системой. Расширение функциональных возможностей устройств и развитие цифровых технологий приводят не только к изменению внутренней структуры изделия, но и к пересмотру его дизайна. Оборудование всё чаще рассматривается не как самостоятельная единица, а как часть цифровой больничной среды, от которой зависит качество работы медицинского персонала и комфорт пациента [6; 8].

В процессе разработки медицинского оборудования всегда уделяется особое внимание надёжности, точности и функциональной эффективности устройства. Однако в настоящее время этого недостаточно: необходимо дополнительно учитывать эмоциональное состояние пользователя, особенности среды, социальный

контекст и длительность взаимодействия с оборудованием [1].

Важно понимать, что человекоцентричный дизайн медицинских изделий — это не чрезмерная сентиментальность дизайнера, направленная на достижение эмоционального комфорта и удобства использования; это прежде всего снижение вероятности ошибок, забота о безопасности и соответствии устройства реальным условиям применения [7].

Так, например, необходимость контекстного анализа закреплена в современных руководствах по применению принципов инженерии человеческого фактора при разработке медицинских изделий. В рекомендациях подчёркивается необходимость учитывать целевых пользователей, среду применения, операционные условия, обучение и реальные сценарии взаимодействия с устройством. В частности, одно и то же изделие может требовать различных проектных решений

в операционной, кабинете врача или домашнем пространстве [5; 9].

Иными словами, поднимается главная проблема медицинского дизайна — проблема двойственности пользовательской аудитории.

Один и тот же прибор должен быть профессиональным рабочим инструментом врача или медицинской сестры и одновременно с этим частью эмоционально сложного опыта пациента. В этой ситуации каждая сторона наделяет особой важностью собственные «критерии успеха». Для специалиста это: скорость доступа к информации, точность управления и возможность быстро реагировать на критические изменения. Для пациента важны: понятность ситуации; снижение тревожности; сохранение телесного достоинства и отсутствие ощущения полной зависимости от техники.

Гуманизация призвана разрешить эту проблему и означает не шаблонное упрощение оборудования для всех пользователей, а, напротив, дифференциацию уровней взаимодействия.

Сложная система может оставаться технически насыщенной, если её интерфейс, форма и сценарии использования позволяют каждому участнику взаимодействовать с ней на соответствующем уровне. Профессиональный пользователь получает доступ к расширенному набору данных и функций, тогда как пациенту предоставляется необходимая и понятная информация без избыточной демонстрации технической сложности [10].

Следовательно, задача дизайнера заключается не в создании единого универсального интерфейса, одинаково предназначенного для всех, а в формировании нескольких уровней взаимодействия. Первый уровень может быть ориентирован на медицинского специалиста и включать расширенные параметры, диагностические данные и настройки. Второй — на пациента и обеспечивать понятную коммуникацию: сообщение о начале процедуры, длительности действия, необходимости сохранять определённое положение тела или выполнить конкретную инструкцию.

Подобное разделение не обязательно требует создания двух физически независимых интерфейсов. Оно может реализовываться через различные режимы отображения данных, изменение масштаба информации, цветовую иерархию и пространственную организацию элементов. В результате одно и то же оборудование получает возможность адаптироваться к разным сценариям использования [10].

Для дизайна это означает переход от проектирования изделия как «отдельной единицы» к проектированию набора взаимодействий, распределённых между различными пользователями [5; 9].

Важной составляющей гуманизации является эмоциональное воздействие формы. Так, например, медицинское оборудование имеет традиционную склонность к лабораторному образу: большое количество кабелей, механических соединений, предупреждающих световых индикаторов визуально сообщает о специальном назначении устройства. Такая выразительность может быть оправдана в профессиональной среде, однако в контакте с пациентом она в ряде случаев вызывает тревогу. Пациент чаще всего не обладает специальными знаниями, необходимыми для понимания назначения отдельных элементов оборудования. Медицинский специалист, напротив, обязан быстро интерпретировать значительный объём информации и принимать решения с учётом клинического протокола. Поэтому гуманизация должна учитывать не абстрактного «пользователя», а систему различных пользовательских ролей [6].

Особенно значимым это становится в педиатрии, реабилитации, диагностике и домашнем уходе. Для ребёнка медицинский прибор с тревожными звуками и яркими сигнальными индикаторами может стать сильным источником страха. Для пожилого человека трудность навигации в органах управления может усилить ощущение беспомощности. Для пациента, использующего медицинское устройство дома, «больничный» облик оборудования может подчёркивать болезненный статус и нарушать привычное восприятие жилого пространства [11].

В связи с этим в современных изделиях можно наблюдать стремление к более нейтральному или даже бытовому визуальному языку. Он выражается в использовании спокойной цветовой гаммы, скруглённых элементов, визуальной целостности корпуса, уменьшении количества открытых технических деталей и интеграции интерфейса в общую форму изделия. Однако эти приёмы сами по себе ещё не свидетельствуют о гуманизации. Их значение определяется тем, помогают ли они пользователю лучше понимать устройство и чувствовать себя увереннее или лишь маскируют сложность за внешней привлекательностью.

Отдельное направление гуманизации связано с сохранением личного достоинства и свободы движений пациента. Медицинское оборудование часто предполагает фиксацию конечностей, обнажение отдельных частей тела или необходимость длительно сохранять неудобное положение. В таких случаях дизайн должен обеспечить комфортное взаимодействие тела пациента, медицинского персонала и устройства [11].

Дизайнер должен учитывать, что пациент взаимодействует с оборудованием в ситуации сниженной автономии. Он не всегда способен отказаться от процедуры, изменить условия взаимодействия или выбрать другое устройство. Важно понимать, что дизайн медицинского оборудования требует особой ответственности: техническая необходимость не должна автоматически оправдывать пренебрежение эмоциональным состоянием и субъективным опытом пользователя [11].

Эта проблема особенно заметна в устройствах длительного использования. Если диагностическое оборудование контактирует с человеком в течение ограниченного времени, то системы мониторинга и реабилитационные устройства становятся частью повседневной жизни. Их дизайн влияет на самоощущение пользователя, его готовность продолжать лечение и способность включать устройство в привычный распорядок.

В этом смысле гуманизация связана с уменьшением стигматизирующего эффекта медицинского оборудования. Изделие может выполнять клинически важную функцию, но при этом визуально не фиксировать пользователя в роли больного. Устройство, которое можно использовать дома, носить с собой или размещать в жилой среде без постоянного ощущения медицинского контроля, способствует сохранению социальной и бытовой независимости человека.

Наиболее непосредственно гуманизация проявляется в интерфейсе. Современный интерфейс медицинского оборудования должен не только предоставлять доступ к функциям, но и формировать последовательную модель взаимодействия, понятную пользователю с определённым уровнем подготовки и в конкретном эмоциональном состоянии [3; 4].

Для профессиональных устройств это означает необходимость упорядочивания информационной сложности. Медицинский специалист должен видеть прежде всего те параметры, которые имеют значение для текущего действия.

Второстепенные данные могут оставаться доступными, но не должны конкурировать с критическими сигналами. Это требует иерархического построения информации, согласованного использования цвета, размера, контраста, звука и тактильной обратной связи.

Для пациента гуманизированный интерфейс должен объяснять, а не просто фиксировать. Например, вместо обезличенного сигнала об изменении режима он может сообщать о том, что происходит, сколько это продлится и требуется ли действие со стороны пользователя. Даже небольшое увеличение понятности способно снизить тревожность и повысить готовность следовать процедуре.

Современные методики человекоцентричного дизайна ориентированы на проверку таких решений в реальных сценариях. Их цель состоит не только в повышении удовлетворённости пользователя, но и в увеличении удобства, безопасности и надёжности эксплуатации медицинского изделия. Следовательно, гуманизация должна подтверждаться наблюдением, прототипированием и тестированием, а не только субъективной оценкой дизайнера [7].

Также следует понимать, что медицинское оборудование не может полностью подчиняться эмоциональным ожиданиям пользователя, поскольку его форма и интерфейс связаны с требованиями безопасности, стерилизации, технического обслуживания, электромагнитной совместимости и клинического применения. Некоторые конструктивные элементы могут выглядеть неудобными или непривлекательными, но быть необходимыми для надёжной работы устройства. Так, в одном из исследований приведён трагический пример: команда разработчиков, стремясь снизить усталость персонала от сигналов тревоги, уменьшила громкость оповещений системы интенсивной терапии новорождённых и настроила её так, что при отсутствии реакции или входящего сигнала в течение трёх минут она отключалась автоматически. После исчезновения пульса у новорождённого устройство «решило», что его отключили, и перестало подавать сигнал, что привело к трагедии [2].

Именно поэтому гуманизация должна рассматриваться как процесс согласования, а не как замена технических критериев эстетическими. Её задача заключается в том, чтобы найти способы воплощения обязательных технических требований в форме, не усиливающей тревогу, не

усложняющей использование и не нарушающей достоинство пользователя.

Проведённый анализ позволяет рассматривать гуманизацию как одну из определяющих тенденций современного дизайна медицинского оборудования. В отличие от стилистических направлений, гуманизация не связана с формированием устойчивого визуального канона. Её содержанием является изменение самого подхода к проектированию, при котором техническая эффективность изделия согласуется с физическими, когнитивными, эмоциональными и этическими характеристиками человека.

Гуманизация медицинского оборудования проявляется на нескольких взаимосвязанных уровнях. На формальном уровне она выражается в поиске такого пластического и цветового решения, которое сохраняет представление о надёжности и точности, но не усиливает ощущение угрозы. На эргономическом уровне — в организации удобного и безопасного взаимо-

действия, учитывающего антропометрические и моторные особенности различных групп пользователей. На когнитивном уровне — в снижении информационной перегрузки, ясной иерархии сигналов и понятной логике управления. На эмоциональном уровне — в уменьшении тревожности, создании предсказуемой среды и поддержании ощущения контроля над ситуацией. На этическом уровне — в уважении к достоинству, телесной автономии и праву пациента на понимание происходящего.

Ключевым фактором дальнейшего развития этой тенденции является расширение домашнего использования оборудования, где пользователь остаётся один на один с устройством без постоянного присутствия специалиста.

Таким образом, гуманизация представляет собой не временное направление, а устойчивую тенденцию, отражающую изменение роли медицинского оборудования в системе здравоохранения.

БИБЛИОГРАФИЯ:

1. Bates, V. 'Humanizing' healthcare environments: architecture, art and design in modern hospitals / V. Bates // *Design for Health*. – 2018. – Vol. 2, № 1. – P. 5–19. – DOI 10.1080/24735132.2018.1436304.
2. Fuerch, J. H. Developing safe devices for neonatal care / J. H. Fuerch, P. Sanderson, I. Barshi, H. Liley // *Seminars in Perinatology*. – 2019. – Vol. 43, № 8. – Art. 151176. – DOI 10.1053/j.semperi.2019.08.005.
3. Harte, R. A Human-Centered Design Methodology to Enhance the Usability, Human Factors, and User Experience of Connected Health Systems: A Three-Phase Methodology / R. Harte, L. Glynn, A. Rodríguez-Molinero [et al.] // *JMIR Human Factors*. – 2017. – Vol. 4, № 1. – Art. e8. – DOI 10.2196/humanfactors.5443.
4. Jiang, M. Adaptive user interfaces for wearable medical devices using deep Q-learning and Golden Jackal Optimization / M. Jiang, J. Huang, L. Wang // *Scientific Reports*. – 2025. – Vol. 15. – Art. 44776. – DOI 10.1038/s41598-025-28937-z.
5. Human Factors and Usability Engineering – Guidance for Medical Devices Including Drug-device Combination Products. Version 2.0 / Medicines and Healthcare products Regulatory Agency. – London : MHRA, 2021. – URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/60521d98d3bf7f0455a6e61d/Human-Factors_Medical-Devices_v2.0.pdf (дата обращения: 02.09.2026).
6. Rodríguez, N. M. Thinking Beyond the Device: An Overview of Human- and Equity-Centered Approaches for Health Technology Design / N. M. Rodríguez, G. Burleson, J. C. Linnes, K. H. Sienko // *Annual Review of Biomedical Engineering*. – 2023. – Vol. 25. – P. 257–280. – DOI 10.1146/annurev-bioeng-081922-024834.
7. St.Amant, K. Cognition, Care, and Usability: Applying Cognitive Concepts to User Experience Design in Health and Medical Contexts / K. St.Amant // *Journal of Technical Writing and Communication*. – 2021. – Vol. 51, № 4. – P. 407–428. – DOI 10.1177/0047281620981567.
8. Tzamourta, K. D. Human-Centered Design and Development in Digital Health: Approaches, Challenges, and Emerging Trends / K. D. Tzamourta // *Cureus*. – 2025. – Vol. 17, № 6. – Art. e85897. – DOI 10.7759/cureus.85897.
9. Applying Human Factors and Usability Engineering to Medical Devices: Guidance for Industry and Food and Drug Administration Staff / U.S. Food and Drug Administration, Center for Devices and Radiological Health. – Silver Spring, MD : FDA, 2026. – (Docket No. FDA-2011-D-0469). – URL: <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/applying-human-factors-and-usability-engineering-medical-devices> (дата обращения: 02.09.2026).
10. Wang, W. Adaptive User Interfaces for Software Supporting Chronic Diseases / W. Wang, H. Khalajzadeh, J. Grundy, A. Madugalla // *2023 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC)*. – Washington, DC : IEEE, 2023. – P. 215–218. – DOI 10.1109/VL-HCC57772.2023.00034.
11. Yen, C. C. Designing for Patient-Centeredness: the Design of Hemodialysis Equipment / C. C. Yen, M. S. Woolley // *Journal of Design*. – 2003. – Vol. 8, № 2. – P. 1–20.