

# Пути развития аппаратуры и методов исследований для функциональной диагностики

**Гельман В. Я.**

*д.т.н., профессор, кафедра медицинской информатики и физики*

*ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

**Автор для корреспонденции:** Гельман Виктор Яковлевич; **e-mail:** Viktor.Gelman@szgmu.ru

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Функциональная диагностика в настоящее время является одной из стремительно развивающихся областей медицины. Инструментальное оснащение функциональной диагностики имеет решающее значение для эффективности и качества собственно диагностики. Целью работы являлось выявление и анализ тенденций развития инструментальных и программных средств физических методов исследований в функциональной диагностике. Показано, что основными направлениями развития технического обеспечения функциональной диагностики можно считать: расширение спектра измеряемых физиологических характеристик; повышение точности измерения; применение методов совместной регистрации и анализа нескольких показателей; компьютеризацию и цифровизацию функциональной диагностики; использование методов искусственного интеллекта; применение бесконтактных измерений; переход к длительному мониторингу; развитие носимых устройств; создание комплексных систем для проведения функциональных проб; улучшение интерфейса с медперсоналом и облегчение проведения исследований; рост доступности аппаратуры функциональной диагностики для пациентов и использование ее в домашней телемедицине.

**Ключевые слова:** функциональная диагностика, инструментальное обеспечение, методы исследования, пути развития

**doi:** 10.29234/2308-9113-2022-10-3-42-52

**Для цитирования:** Гельман В. Я. Пути развития аппаратуры и методов исследований для функциональной диагностики. *Медицина* 2022; 10(3): 42-52.

## Введение

Обычно в медицине выделяют 3 основных группы объективных методов исследования организма человека [15]:

1. Лабораторная диагностика, обеспечивающая анализ различных биосред *in vitro*.
2. Структурная диагностика, оценивающая структурные изменения в организме пациента, например, рентгеновские исследования.
3. Функциональная диагностика, оценивающая изменения в функционировании различных органов и систем организма.

Содержанием функциональной диагностики в широком смысле являются выявление и оценка степени нарушений функции органов и физиологических систем организма на основе определения физических, химических или иных объективных показателей их деятельности с помощью инструментальных, структурных и/или лабораторных методов исследования [2,11]. В узком смысле понятие «функциональная диагностика» означает специализированное направление современной диагностики, основывающееся только на инструментальных исследованиях, с целью раннего выявления патологии, дифференциальной диагностики различных заболеваний и контроля эффективности лечебно-оздоровительных мероприятий.

С помощью методов функциональной диагностики исследуется состояние практически всех функций и систем организма пациента: сердечно-сосудистой системы; центральной, периферической и вегетативной нервной системы; функции внешнего дыхания; пищеварительной системы; эндокринной системы; органов кроветворения и других [12]. Важное значение имеют также и полифункциональные исследования [2].

В своем основном назначении функциональная диагностика предполагает собственно медицинскую деятельность в области функциональной диагностики. Эту деятельность обеспечивают инструментальные и программные средства, реализующие методологию автоматизированных медицинских исследований [1]. Соответственно, обеспечение качественной диагностики зависит не только от квалификации врача, но и от качества работы используемой аппаратуры и получаемых данных. Поэтому повышение качества диагностики невозможно без дальнейшего развития соответствующих технических средств.

## Цель работы

**Целью работы** является выявление и анализ тенденций развития инструментальных и программных средств физических методов исследований в функциональной диагностике.

Методологической основой исследования являлись анализ научных публикаций, экспертная оценка и обобщенный практический опыт, касающиеся основных тенденций развития инструментальных и программных средств функциональной диагностики.

## Результаты и обсуждение

### Предпосылки возможных путей развития инструментальных средств функциональной диагностики

Техническое обеспечение функциональной диагностики включает физические методы исследования физиологических функций пациентов и аппараты и системы для проведения этих исследований в практической медицине.

Техническое обеспечение функциональной диагностики является современным наукоемким направлением, в котором неразрывно переплетается множество отраслей знания: физические методы исследования, вычислительная математика, прикладная статистика, частотный анализ, измерительная и вычислительная техника, схемотехника, автоматическое управление, системный анализ, программирование, эргономика, психология и ряд других, совокупный вклад которых нередко соизмерим с собственно базисной медико-физиологической составляющей [7]. Развитие каждого из этих направлений может внести свой вклад в совершенствование технического обеспечения функциональной диагностики.

Можно полагать, что развитие и совершенствование инструментальных и программных средств функциональной диагностики в первую очередь будет идти традиционными путями. Это разработка новых методов диагностики, повышение эффективности существующих методов, их автоматизация и компьютеризация. Кроме того, в ближайшей перспективе значительный вклад в совершенствование аппаратуры, по-видимому, будут вносить медицинская информатика, новые направления развития медицинской составляющей функциональной диагностики, микроминиатюризация, искусственный интеллект и эргономика.

### **Расширение спектра измеряемых физиологических характеристик**

В настоящее время изучаются практически все характеристики жизнедеятельности человека с использованием различных физических методов: измерением электрических и ультразвуковых сигналов [9,10], рентгеновского излучения, уровня радиоактивного излучения и многих других. Однако с развитием науки и техники появляются новые устройства и системы функциональной диагностики, основанные на ранее не использовавшихся физических принципах, таких как ядерный магнитный резонанс [13], позитронно-эмиссионная томография и тому подобное. Этот процесс, несомненно, будет продолжаться и дальше. При этом разработка новых диагностических методов и современной аппаратуры функциональной диагностики является актуальной и социально значимой задачей медицинской физики и современного медицинского приборостроения.

### **Повышение точности измерения**

Важным показателем, влияющим на результаты функциональной диагностики, является точность измерения и погрешности оценки показателей жизнедеятельности пациента. Чем выше точность измерения, тем точнее и безошибочнее может быть поставлен диагноз, проведена оценка состояния пациента и осуществлено более раннее выявление заболевания. Работы по повышению точности медицинских измерений постоянно ведутся разработчиками аппаратуры функциональной диагностики и будут продолжаться и в дальнейшем.

## Полиграфия

Перспективным направлением развития систем функциональной диагностики является широкое применение в современных исследованиях совместной регистрации и анализа различных физиологических показателей (полиграфии) [7,18]. Совместный одновременный анализ соответствующего набора физиологических показателей существенно расширяет возможности функциональной диагностики. Особенно большие перспективы этого направления функциональной диагностики возникли в связи с компьютеризацией и цифровизацией этих исследований.

## Бесконтактные измерения

Создание аппаратуры бесконтактного измерения, позволяющей без прямого контакта с пациентом проводить достаточно точные измерения различных физиологических характеристик, является еще одним направлением развития. Примерами могут служить анализаторы различных излучений пациента (в частности, бесконтактные инфракрасные термометры), запахов, выявление патологий с помощью анализаторов изображения лица, голоса [6] и движений пациента (в частности, с использованием систем искусственного интеллекта) и тому подобные устройства.

## Компьютеризация и цифровизация

Методы цифровой медицины для целей функциональной диагностики в настоящее время бурно развиваются. Применение информационных и сквозных цифровых технологий для сбора, обработки и анализа данных функциональных исследований широко внедряется в медицинскую практику [16,17]. Современные информационные технологии позволяют проводить автоматическую обработку результатов исследований. Оснащение отделений функциональной диагностики современными медицинскими приборно-компьютерными системами значительно ускоряет выполнение диагностических методик и повышает качество и точность измерений, а также качество диагностики и врачебных заключений.

Дополнительный вклад вносит включение аппаратуры функциональной диагностики в локальную сеть медицинского учреждения и его информационные системы. На этой базе формируются структурированные электронные медицинские документы, которые служат основой взаимодействия врачей функциональной диагностики и других медицинских специалистов. Можно полагать, что хранение большого количества расшифрованных результатов диагностических обследований и заключений по ним в электронном виде позволит создавать надежные и ценные программные продукты по извлечению новых знаний из этих массивов данных (в частности, с использованием методов Data Mining и искусственного интеллекта), способные оказывать врачу эффективную помощь.

## Искусственный интеллект

Бурное развитие использования компьютерных нейронных сетей и тенденции к передаче решения все большего числа вопросов компьютеру привели к появлению элементов искусственного интеллекта в аппаратуре функциональной диагностики [8]. Использование систем искусственного интеллекта представляется перспективным направлением для расширения измерительных возможностей и повышения точности диагностики за счет более глубокого анализа измеряемых показателей и изображений. Это позволяет также включать в анализ косвенные показатели, которые ранее не учитывались и считались малоинформативными.

К основным эффектам от использования искусственного интеллекта в функциональной диагностике можно отнести: повышение скорости и качества принятия врачебных решений; снижение количества врачебных ошибок; повышение степени удобства выполнения процедур для медицинских работников и пациентов.

## Мониторинг

В рамках функциональной диагностики все шире начинают использовать мониторинг различных показателей в условиях нормальной жизнедеятельности пациентов [14]. Началось это с применения длительной регистрации электрокардиограммы (ЭКГ), предложенной американским биофизиком Норманом Холтером в 1952 году.

В настоящее время суточное холтеровское мониторирование ЭКГ – широко распространенный метод электрофизиологической инструментальной диагностики сердца. Холтеровское мониторирование ЭКГ представляет собой длительную регистрацию ЭКГ с помощью портативных устройств в течение продолжительного времени при обычном образе жизни обследуемого.

Такой подход открывает перед врачом новые диагностические возможности, и в настоящее время это направление активно развивается. К холтеровскому мониторированию подключаются другие показатели, такие как артериальное давление, сатурация крови, температура тела и тому подобные. Очевидно, что направление мониторирования в функциональной диагностике в дальнейшем будет также активно развиваться.

## Носимые устройства

В связи с развитием мониторинга в условиях нормальной жизнедеятельности пациента для целей функциональной диагностики получило развитие направление носимых измерительных устройств. Одним из путей развития таких систем, помимо микроминиатюризации, является повышение удобства расположения датчиков для пациента. Это может быть крепление датчиков в одежде, установка в смартфонах и других

аксессуаров. Например, кардиопояс с набором биодатчиков, регистрирующих ЭКГ, артериальное давление и ряд других параметров, или смартфон с возможностью регистрации ЭКГ и отправки её в центр функциональной диагностики, а также с возможностью определения координат человека в случае угрозы жизни с помощью GPRS (или ГЛОНАСС).

Широко используются также фитнес-браслеты. Они позволяют регистрировать частоту пульса, насыщение крови кислородом, температуру тела и ряд других показателей. В настоящее время из-за низкой точности измерения фитнес-браслеты еще не рекомендуются для использования в медицинских целях, но их точность постепенно повышается, приближаясь к уровню, принятому в методах функциональной диагностики.

### Функциональные пробы

Дальнейшее развитие получит также аппаратура для проведения специальных воздействий на организм человека при проведении медицинского обследования. Здесь будет развиваться совмещение оборудования для проведения функциональных тестов с инструментальными средствами функциональной диагностики на основе компьютеризации.

### Улучшение интерфейса с медперсоналом и облегчение проведения исследований

В ходе развития аппаратуры функциональной диагностики повышается ее эргономичность. Облегчается и упрощается работа с ней медперсонала, что значительно ускоряет выполнение диагностических процедур и повышает качество и точность измерений. Повышается надежность проводимых измерений. Снижаются возможности допуска ошибок медперсоналом. Осуществляется визуализация результатов на всех этапах проведения исследования. Облегчается написание и повышается качество врачебных заключений.

### Рост доступности для пациентов и домашняя телемедицина

В последнее время аппаратура функциональной диагностики все чаще используется для регистрации различных показателей состояния здоровья в домашних условиях. Как правило, этим занимаются люди, активно следящие за своим здоровьем, и люди, страдающие хроническими заболеваниями и находящиеся под амбулаторным наблюдением. Измеряются и регистрируются частота сердечных сокращений, артериальное давление крови, температура тела, содержание сахара в крови и другие показатели.

К настоящему времени домашний арсенал пациента пополнился большим количеством различных медицинских приборов. Соответствующие приборы широко распространены и свободно продаются в торговой сети, например, в аптеках.

Мониторинг состояния здоровья людей в условиях их повседневной жизни получает все более широкое распространение [3]. При этом основной анализ состояния и назначение лечения хронических больных и пациентов, заботящихся о здоровье, осуществляется врачом. Консультации врача могут проводиться как в отложенном режиме, так и в режиме реального времени. Как правило, они происходят в режиме отложенного времени (off-line), то есть при очередном посещении лечащего врача.

В отложенном режиме домашняя телемедицина в настоящее время используется достаточно широко: это и различные мониторы (например, Холтеровские), самостоятельная периодическая регистрация различных параметров (АД, ЧСС, сахар крови, температура и так далее) [3,4]. На основании этих регистрируемых параметров вычисляются различные показатели жизнедеятельности, позволяющие осуществлять функциональную диагностику, отслеживать состояние больных и принимать необходимые решения по тактике лечения врачом функциональной диагностики или другим специалистом [4,5].

Однако, в ходе развития телемедицины начали появляться специализированные мониторные системы реального времени, ориентированные на конкретные заболевания с передачей информации о состоянии больного в лечебно-профилактические учреждения и лечащему врачу, в частности, с применением автоматических или полуавтоматических механизмов обработки данных [4]. Здесь уже становится возможным осуществлять функциональную диагностику пациентов в режиме on-line. В реальном времени медицинские приборно-компьютерные системы осуществляют сбор и передачу данных о текущем состоянии пациента (информацию о температуре тела, артериальном и парциальном давлении, ЭКГ и функции дыхания) в лечебно-профилактическое учреждение для дальнейшей обработки специалистами. Это важно для больных, нуждающихся в регулярных и частых обследованиях.

Таким образом, можно ожидать дальнейшего развития инструментальных средств функциональной диагностики для использования в домашней телемедицине.

## Заключение

Повышение качества функциональной диагностики требует дальнейшего развития соответствующих технических средств. При этом основными направлениями развития технического обеспечения функциональной диагностики можно считать:

1. Расширение спектра измеряемых физиологических характеристик.
2. Повышение точности измерения.
3. Применение методов совместной регистрации и анализа нескольких показателей.

4. Компьютеризацию и цифровизацию функциональной диагностики.
5. Использование методов искусственного интеллекта.
6. Применение бесконтактных измерений.
7. Переход к длительному мониторингу.
8. Развитие носимых устройств.
9. Создание комплексных систем для проведения функциональных проб.
10. Улучшение интерфейса с медперсоналом и облегчение проведения исследований.
11. Рост доступности аппаратуры функциональной диагностики для пациентов и использование ее в домашней телемедицине.

Учет основных путей развития инструментального обеспечения функциональной диагностики поможет дальнейшему совершенствованию этого направления медицины.

## Литература

1. Абдуллин И., Панкова Е., Шарифуллин Ф. Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы. Казань: КГТУ. 2011. 106 с.
2. Берестень Н. Ф. Функциональная диагностика: национальное руководство. Под ред. Н.Ф. Берестень, В.А. Сандрикова, С.И. Федоровой. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2019. 784 с.
3. Гельман В.Я., Дохов М.А. Проблемы развития домашнего мониторинга состояния здоровья. *Медицина* 2020; (2): 50-60.
4. Гельман В.Я. Моделирование домашнего телемониторинга состояния здоровья в системе здравоохранения. *Медицина* 2021; (1): 14-23.
5. Гельман В.Я. Оптимизация периода наблюдения для повышения качества ранней диагностики заболеваний. *Медицина* 2021; (3): 43-53, doi: 10.29234/2308-9113-2021-9-3-43-53
6. Дмитриева Е.С., Гельман В.Я., Зайцева К.А., Орлов А.М. Влияние индивидуальных особенностей человека на акустические корреляты эмоциональной интонации речи. *Журнал высшей нервной деятельности* 2009; 59(5): 538-546.
7. Кулаичев А.П. Компьютерная электрофизиология и функциональная диагностика. М.: Инфра. 2019. 470 с.
8. Серговенцев А.А., Левин В.И., Борисов Д.Н. Современная функциональная диагностика и искусственный интеллект. *Военно-медицинский журнал* 2020; 341(2): 40-45.



9. Сердюков Ю.П., Гельман В.Я. Формирование сигналов для методов УЗИ, обеспечивающих высокую разрешающую способность. Часть 1. Анализ и формирование требований. *Биотехносфера* 2017; (4): 5-9.
10. Сердюков Ю.П., Гельман В.Я. Формирование сигналов для методов УЗИ, обеспечивающих высокую разрешающую способность Часть 2. Класс сигналов с оптимальными спектральными характеристиками для методов УЗИ. *Биотехносфера* 2017; (5): 23-27.
11. Титов В.А., Цыганов С.Н. Математические методы и инструментальные средства повышения эффективности деятельности медицинских организаций. *Открытое образование* 2016; 20(6): 70-76, doi: 10.21686/1818-4243-2016-6-70-76
12. Толмачев Д.А. Роль функционально-диагностических методов исследования в оказании медицинской помощи. *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики* 2019; (2): 295-310. doi: 10.24411/2312-2935-2019-00044
13. Фраленко В.П., Хачумов М.В., Шустова М.В. Анализ инструментальных средств обработки и визуализации биомедицинских данных магнитно-резонансной томографии (обзор литературы). *Вестник новых медицинских технологий* 2016; 23(4): 307-315. doi: 10.12737/23880
14. Фролов С.В., Лядов М.А., Комарова И.А., Остапенко О.А. Современные тенденции развития медицинских информационных систем мониторинга. *Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского* 2013; (2): 66-75.
15. Фролов С.В., Строев В.М., Горбунов А.В., Трофимов В.А. Методы и приборы функциональной диагностики: учебное пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та. 2008. 80 с.
16. Краснов С.В., Куралесова Н.О., Палевская С.А. Цифровые решения в здравоохранении: Учебно-методическое пособие. Самара: ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России. 2021. 158 с.
17. Шандора Н. Цифровизация системы здравоохранения: опыт и перспективы. *Наука и инновации* 2020; (2): 38-43.
18. Kostishyn S., Tymchuk S., Vyrozyb R., Zlepko A., Pavlov V. Design features of automated diagnostic systems for family medicine. In: 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET). IEEE. 2016. P. 774-776.

## Ways of Development of Equipment and Research Methods for Functional Diagnostics

**Gelman V. Ya.**

*Doctor of Technical Sciences, Professor, Chair for Medical Informatics and Physics*

*North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russian Federation*

**Corresponding Author:** Gelman Viktor; **e-mail:** Viktor.Gelman@szgmu.ru

**Conflict of interest.** None declared.

**Funding.** The study had no sponsorship.

### Abstract

Functional diagnostics is currently one of the rapidly developing areas of medicine. The instrumentation of functional diagnostics is of crucial importance for the efficiency and quality of the actual diagnostics. The aim of the work was to identify and analyze trends in the development of instrumental and software tools of physical research methods in functional diagnostics. It is shown that the following principal directions of development of the technical support of functional diagnostics can be considered: expansion of the range of measured

physiological characteristics; increase in measurement accuracy; application of methods of simultaneous recording of several indicators; computerization and digitalization of functional diagnostics; use of artificial intelligence methods; application of non-contact measurements; transition to permanent monitoring; development of wearable devices; creation of complex systems for carrying out functional tests; improving the interface with medical staff and facilitating research; increase in the availability of functional diagnostic equipment for patients and its use in home telemedicine.

**Keywords:** functional diagnostics, instrumentation, research methods, ways of development

## References

1. Abdullin I., Pankova E., Sharifullin F. Medicinskie pribory, apparaty, sistemy i komplekсы. [Medical instruments, devices, systems and complexes.] Kazan: KSTU. 2011. (In Russ.)
2. Beresten N.F. Funkcional'naya diagnostika: nacional'noe rukovodstvo. Pod red. N.F. Beresten', V.A. Sandrikova, S.I. Fedorovoj [Functional diagnostics: National guide. Eds. Beresten N.F., Sandrikova V.A., Fedorova S.I.] Moscow: GEOTAR-Media. 2019. 784 p. (In Russ.)
3. Gelman V.Ya., Dokhov M.A. [Problems of development of home health monitoring.] *Medicina* 2020; (2): 50-60, doi: 10.29234/2308-9113-2020-8-2-50-60 (In Russ.)
4. Gelman V.Ya. Modelirovanie domashnego telemonitoringa sostoyaniya zdorov'ya v sisteme zdravoohraneniya. [Simulation of home health telemonitoring in the healthcare system.] *Medicina* 2021; (1) 14-23, doi: 10.29234/2308-9113-2021-9-1-14-23 (In Russ.)
5. Gelman V.Ya. Optimizatsiya perioda nablyudeniya dlya povysheniya kachestva rannej diagnostiki zabolevanij. [Optimization of the observation period to improve the quality of early diagnosis of diseases.] *Medicina* 2021; (3): 43-53, doi: 10.29234/2308-9113-2021-9-3-43-53 (In Russ.)
6. Dmitrieva E.S., Gelman V.Ya., Zaitseva K.A., Orlov A.M. Vliyanie individual'nyh osobennostej cheloveka na akusticheskie korrelyaty emocional'noj intonatsii rechi. [The influence of individual characteristics of a person on the acoustic correlates of the emotional intonation of speech.] *Zhurnal vysshej nervnoj deyatel'nosti [Journal of higher nervous activity]* 2009; 59(5): 538-546. (In Russ.)
7. Kulaichev A.P. Komp'yuternaya elektrofiziologiya i funkcional'naya diagnostika. [Computer electrophysiology and functional diagnostics.] Moscow: Infra. 2019. (In Russ.)
8. Sergoventsev A.A., Levin V.I., Borisov D.N. Sovremennaya funkcional'naya diagnostika i iskusstvennyj intellekt. [Modern functional diagnostics and artificial intelligence.] *Voенно-медицинский журнал [Military Medical Journal]* 2020; 341(2): 40-45. (In Russ.)
9. Serdyukov Yu.P., Gelman V.Ya. Formirovanie signalov dlya metodov UZI, obespechivayushchih vysokuyu razreshayushchuyu sposobnost'. Chast' 1. Analiz i formirovanie trebovanij. [Formation of signals for ultrasonic methods providing high resolution. Part 1. Analysis and formation of requirements.] *Biotekhnosfera [Biotechnosphere]* 2017; (4): 5-9. (In Russ.)
10. Serdyukov Yu.P., Gelman V.Ya. Formirovanie signalov dlya metodov UZI, obespechivayushchih vysokuyu razreshayushchuyu sposobnost'. Chast' 1. Analiz i formirovanie trebovanij [Formation of signals for ultrasonic methods providing high resolution Part 2. Class of signals with optimal spectral characteristics for ultrasonic methods.] *Biotekhnosfera [Biotechnosphere]* 2017; (5): 23-27. (In Russ.)
11. Titov V.A., Tsyganov S.N. Matematicheskie metody i instrumental'nye sredstva povysheniya effektivnosti deyatel'nosti medicinskih organizacij. [Mathematical methods and tools for improving the efficiency of medical organizations.] *Otkrytoe obrazovanie [Open Education]* 2016; 20(6): 70-76. doi: 10.21686/1818-4243-2016-6-70-76. (In Russ.)

12. Tolmachev Ye.S. Rol' funkcional'no-dagnosticheskikh metodov issledovaniya v okazanii medicinskoj pomoshchi. [The role of functional diagnostic research methods in the provision of medical care.] *Sovremennye problemy zdavoohraneniya i medicinskoj statistiki [Modern problems of public health and medical statistics]* 2019; (2): 295-310. doi: 10.24411/2312-2935-2019-00044 (In Russ.)
13. Fralenko V.P., Khachumov M.V., Shustova M.V. Analiz instrumental'nyh sredstv obrabotki i vizualizacii biomedicinskih dannyh magnitno-rezonansnoj tomografii (obzor literatury). [Analysis of tools for processing and visualization of biomedical data from magnetic resonance imaging (literature review).] *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij [Bulletin of new medical technologies]* 2016; 23(4): 307-315, doi: 10.12737/23880. (In Russ.)
14. Frolov S.V., Lyadov M.A., Komarova I.A., Ostapenko O.A. Sovremennye tendencii razvitiya medicinskih informacionnyh sistem monitoringa. [Modern trends in the development of medical information monitoring systems.] *Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo [Questions of modern science and practice V.I. Vernadsky University]* 2013; (2): 66-75. (In Russ.)
15. Frolov S.V., Stroev V.M., Gorbunov A.V., Trofimov V.A. Metody i pribory funkcional'noj diagnostiki: uchebnoe posobie. [Methods and devices of functional diagnostics: a tutorial.] Tambov: Izdatel'stvo Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2008. (In Russ.)
16. Krasnov S.V., Kuralesova N.O., Palevskaya S.A. Cifrovye resheniya v zdavoohranenii: Uchebno-metodicheskoe posobie. [Digital solutions in healthcare: Educational and methodological manual.] FGBOU VO SamGMU Minzdrava Rossii. 2021. (In Russ.)
17. Shandora N. Cifrovizaciya sistemy zdavoohraneniya: opyt i perspektivy. [Digitalization of the healthcare system: experience and prospects.] *Nauka i innovacii [Science and innovations]* 2020; (2): 38-43. (In Russ.)
18. Kostishyn S., Tymchuk S., Vyrozyb R., Zlepko A., Pavlov V. Design features of automated diagnostic systems for family medicine. In: 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET). IEEE. 2016. P. 774-776.