

КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ И МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ

А. В. Лебедевский

Белорусский государственный университет, г. Минск

E-mail: lebedevskiys@yandex.by

Рассмотрена концепция создания компьютеризированной системы для оценки простейших функциональных показателей сенсорных систем и микроциркуляции человека, предназначенной для периодического массового скрининга населения с целью выявления их нарушений на стадии доклинических проявлений.

Ключевые слова: *сенсорные системы, микроциркуляция, функциональные показатели, программно-аппаратный диагностический комплекс.*

Актуальным направлением совершенствования ранней диагностики нарушений состояния здоровья является выявление снижения функциональных показателей систем организма, когда человек еще не замечает объективных признаков ухудшения его состояния. Исследования показывают, что ухудшение микроциркуляции крови сопровождается нарушением тканевого метаболизма и постепенным ухудшением функций таких органов-мишеней как, мозг, сердце, почки, сетчатка глаза [1, 2]. Очевидно, что для повышения эффективности ранней диагностики подобных нарушений необходим поиск перспективных технических решений и создание диагностической аппаратуры, которые могли бы обеспечить возможность проведения массового периодического скрининга населения, на основе критерия – полезность для ранней диагностики, цена и стоимость использования. Поэтому при создании соответствующей аппаратуры целесообразно использовать методологический подход, основанный на компьютеризированных методиках определения наиболее значимых параметров, которые имеют потенциал широкого применения в практической деятельности медицинских учреждений.

Вместо устаревшей концепции – разработка автономных диагностических устройств, работающих самостоятельно, необходимо использовать потенциальные возможности современной компьютерной и микропроцессорной техники, позволяющие создавать комплексы, обеспечивающие простоту и оперативность скринингового обследования населения. Примером такого подхода является компьютеризированная система комплексной оценки параметров сенсорных систем и процессов микроциркуляции крови, которая создается на кафедре квантовой радиофизики и оптоэлектроники БГУ. Функциональная схема этого комплекса приве-

дена на рис. 1. С его помощью можно определять простейшие временные и пороговые значения сенсомоторной реакции нервной системы на внешние воздействия на организм и ряд параметров микроциркуляции, а именно:

- время и порог тактильной чувствительности кожи конечностей при применении реле для оценки промежутка времени между формированием тактильного ощущения при щелчке реле и реакции пациента путем нажатия кнопки прерывания, возможно и применение вибрационного воздействия, которое позволит выявить порог ощущения вибраций без оценки времени реакции;

- время и порог болевой чувствительности при раздражении участка кожи конечностей токовым радиоимпульсом с регулируемой амплитудой и частотой несущей около 50 кГц или излучением полупроводникового лазера с длиной волны 460 нм для формирования болевого ощущения при нагреве тканей мощным лазерным импульсом;

- время реакции и порог слуховой чувствительности правого и левого уха при подаче звуковых сигналов с разной частотой несущей и нарастающей амплитудой звуковых колебаний;

- порог реакции зрачка на возрастающую освещенность глаза излучением синего цвета, формируемого кольцом из светодиодов, устанавливаемым на объективе видеокамеры, с помощью которой регистрируется начало сужения зрачка;

- среднюю оксигинацию гемоглобина крови кислородом и гидратацию подкожных тканей путем обработки регистрируемой управляемой видеокамерой пространственного распределения относительных значений яркости $L(\lambda_k, x, y)$ обратно рассеянного зондирующего излучения, которое вводится в биологическую ткань поочередно шестью сверхъяркими светодиодами;

- динамическую остроту зрения, т. е. значение времени в мс, требуемого на опознание направления разреза опто типа в виде изображения черного кольца Ландольта, которое с максимально возможной скоростью (без видимого смазывания изображения кольца) перемещается на экране монитора компьютера при учете статической остроты зрения.

Предлагаемый комплекс будет дополнен неинвазивной спектральной аппаратурой для исследования параметров микроциркуляторного русла кровеносной системы методами диффузной отражательной спектроскопии с пространственным разрешением. Это позволит с помощью функциональных тестов оценивать состояние мелких сосудов и их реакцию на комплексные воздействия (физическая нагрузка, холодовые пробы, перекрытие кровяного потока и т. д.), что даст ценную информацию о состоянии микроциркуляторного русла конкретного пациента.

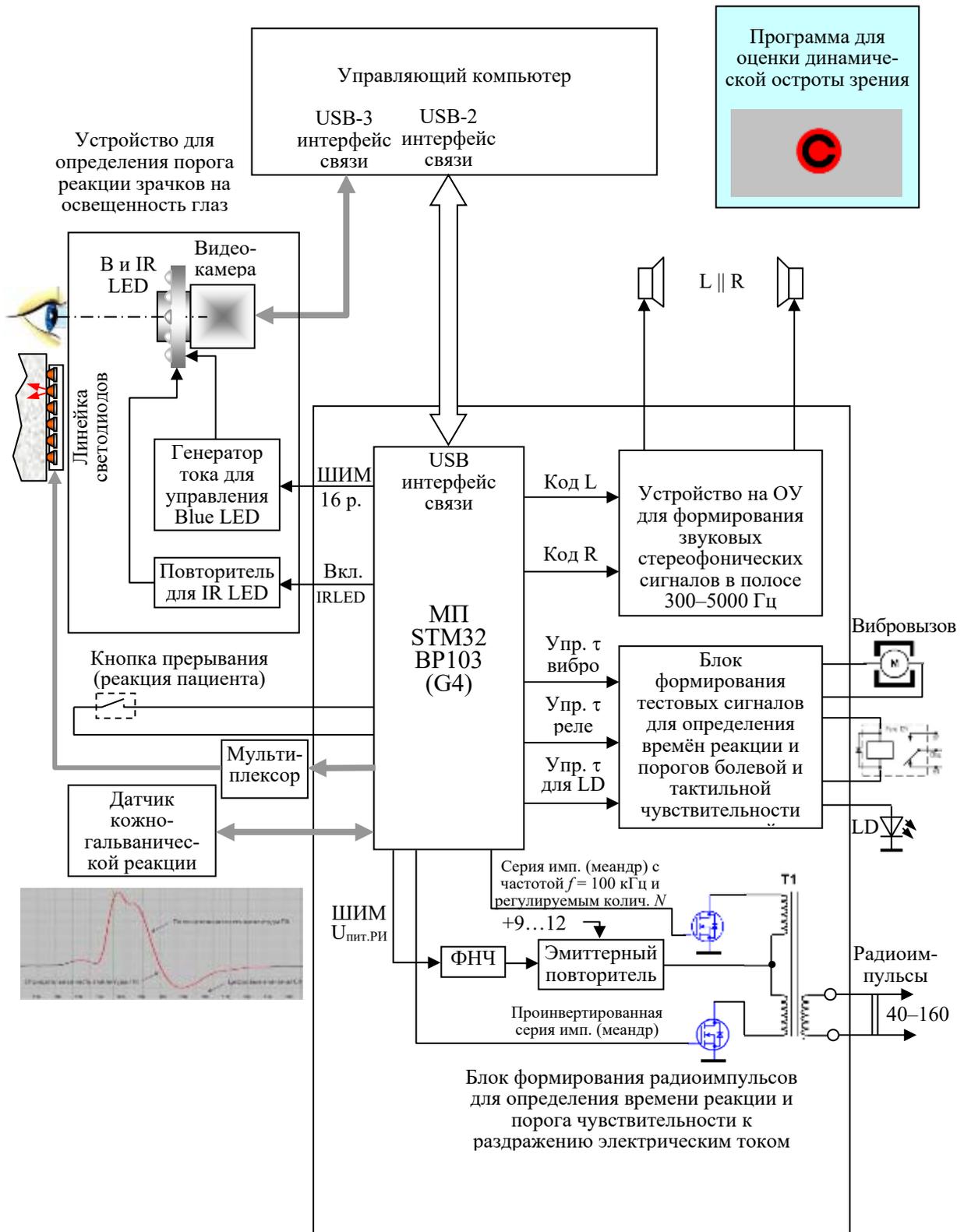


Рис. 1. Функциональная схема компьютеризированной системы для оценки параметров сенсорных систем и микроциркуляции организма человека

Наличие этого комплекса позволит оперативно проводить необходимые физиологические исследования и оптимизировать алгоритмы фор-

мирования тестовых воздействий и оценки необходимых функциональных показателей. В качестве примера можно привести методику определения времени реакции и порога слуховой чувствительности.

Оценка слуховой чувствительности проводится отдельно для каждого уха, согласно рекомендациям NIOSH [3]. Ощущение субъективного воздействия S согласно закону Вебера-Фехнера, зависит от логарифма интенсивности воздействия I , т. е. $S = k \cdot \ln I + b$, где k и b – константы. Так как органы слуха работают как сенсоры энергии воздействия и абсолютный порог слышимости на частоте 1 кГц соответствует звуковому давлению $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па, то при использовании логарифмической шкалы порог слышимости $S = 10 \lg(P^2/P_0^2)$ составляет 0 дБ. С целью снижения требований к аппаратуре, формирующей звуковые колебания, длительность импульсов выбирается небольшой в пределах $\tau = 20\text{--}30$ мс, что позволяет на порядок увеличить P по сравнению с $\tau = 200\text{--}300$ мс. Частота звука выбрана равной 4 кГц, поскольку с возрастом наблюдается снижение слуховой чувствительности к более высоким частотам.

Звуковые стимулы формируются динамиками, которые располагаются на расстоянии 10 см от правого и левого уха испытуемого или пациента. При исследовании на соответствующий динамик со случайной задержкой подается серия из 5 импульсов однотональных звуковых колебаний с регулируемой амплитудой. Пациент при ощущении звука должен нажать на кнопку. Применяется адаптивный лестничный (вверх-вниз) способ регулировки амплитуды сигналов, подаваемых на динамик, учитывающий реакцию пациента на предыдущие стимулы и эффект гистерезиса. Оценивается вначале пороговая чувствительность, а затем время реакции.

Таким образом, предложена концепция формирования компьютеризированной системы для комплексной оценки параметров нервных проводящих путей и состояния микроциркуляторного русла сосудисто-сердечной системы, проведено моделирование ее отдельных блоков, созданы соответствующие макетные образцы и проведена апробация их работоспособности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Kimura J. *Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle* / Oxford University Press. 2013. 1176 p.
2. Кубарко А. И., Переверзев В. А. Семенович А. А. *Нормальная физиология* : учебник. В 2 ч. Ч. 1 // Минск : Вышэйшая школа, 2013. – 542 с.
3. *Criteria for a Recommended Standard* [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/98-126/pdfs/98-126.pdf?id=10.26616/NIOSH/PUB98126> – Дата доступа: 30.05.2021