**Экспресс-диагностика состояния здоровья человека с использованием сигналов поглощения лазерного излучения**

***Екатерина Жесткая***1***, Мсукар Сухайр*2*, Давыдова Дарья*2**

*студенты*

*1Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, Россия*

*2Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия*

*E–mail:* katy.[zhestkay@gmail.com](mailto:zhestkay@gmail.com)

Регулярная экспресс-диагностика состояния здоровья человека является одним из важнейших факторов выявления различных заболеваний на ранней стадии и своевременного их лечения [1]. Особенно важным здесь является отслеживание состояния сердечно-сосудистой системы. Для этой цели одним из наиболее распространенных методов является пульсоксиметрия, достоинством которой является неинвазивность измерений. А также отсутствие ограничений на количество измерений при экспресс-контроле этих параметров состояния здоровья человека в течение определенного периода времени [2].

Одним из недостатков в конструкции пульсоксиметров является наличие в их конструкции аналого-цифрового преобразователя (АЦП), передаточная функция которой искажает информацию в структуре пульсовой волны, индивидуальную для каждого человека, которую дальнейшей обработкой восстановить невозможно [3]. Это побудило нас разработать новый метод регистрации и обработки пульсовой волны. Он основан на регистрации сигнала поглощения лазерного излучения в дальней периферийной зоне с использованием линейки ПЗС со строчным переносом заряда (АЦП в такой конструкции не требуется).

Линейка ПЗС и технология её размещения в оптическом датчике был разработана таким образом, чтобы принцип регистрации сигнала поглощения лазерного излучения (рис. 1) в дальней периферийной зоне при её использовании принципиально не меняется, по сравнению с обычным использованием ПЗС матрицы в оптическом датчике. При использовании линейки ПЗС функции пульсоксиметра (определение пульса и процент насыщения гемоглобина кислородом) сохраняются.

Изображение выглядит как диаграмма, рисунок, зарисовка, искусство

Автоматически созданное описание

Рис 1. Структурная схема регистрации сигнала поглощения лазерного излучения: 1 – полупроводниковый лазерный диод на λ = 660 нм, 2 - полупроводниковый лазерный диод на λ = 940 нм, 3 – линейка ПЗС, 4 – корпус датчика, 5 – ноготь, 6 – палец, 7 – кровеносные сосуды.

На рис. 2 в качестве примера представлены два сигнала пульсовой волны зарегистрированные от одного пациента в течение 3 минут с использованием двух различных оптических датчиков (с ПЗС матрицей и линейкой ПЗС). С использованием датчика с линейкой ПЗС удалось выявить дополнительный (третий пик) в сигнале пульсовой волны при обследовании пациента через несколько минут после первого обследования с датчиком с ПЗС матрицей.

**Изображение выглядит как диаграмма, текст, График, линия

Автоматически созданное описаниеИзображение выглядит как диаграмма, текст, График, линия

Автоматически созданное описание**

Рис 2 (а, б). Зависимость отношения амплитуд регистрируемого сигнала пульсовой волны для различных устройств регистрации лазерного излучения в конструкции оптического датчика: а) – ПЗС матрица, б) – линейка ПЗС.

Для отслеживания негативных изменений в работе сердечно-сосудистой системы проводится обработка сигнала пульсовой волны. Разделив период пульсовой волны на части: нарастание, спад и окрестности максимумов, разработанными математическими функциями сигнал преобразуется и визуализируется на графиках. Пример таких результатов показан на рис. 3 и 4. Полученные результаты обработки позволяют установить, что использование новой системы регистрации сигнала поглощения лазерного излучения с более высоким отношении сигнал/шум вносит изменения в структуру гистограмм при рассмотрении первого и второго максимума, помогая выявить изменения.

|  |  |
| --- | --- |
| Рис 3. Результаты обработки максимумов одного периода пульсовой волны: график (а) соответствует её регистрации с использованием ПЗС матрицы, график (б) – линейки ПЗС. | Изображение выглядит как текст, диаграмма, снимок экрана, План  Автоматически созданное описание  Рис 4. Результаты обработки фронтов нарастания одного периода пульсовой волны: график (а) соответствует её регистрации с использованием ПЗС матрицы, график (б) – линейки ПЗС. |

Полученные результаты экспериментальных исследований показали эффективность разработанной конструкции и методики обработки сигнала пульсовой волны. Клинические результаты обследования пациента подтвердили выявленные отклонения в работе сердечно-сосудистой системы.

**Литература**

1. Bergis, B.; Harrois, A.; Duranteau, J. Microcirculation: Physiological Background. In Advanced Hemodynamic Monitoring: Basics and New Horizons, Eds.; Springer: Cham, Switzerland, 2021; pp. 173–180.
2. Rosic, T.; Petrina, N.; Baysari M.; Ritchie A.; Poon, S.K. Patient and clinician use characteristics and perceptions of pulse oximeter use: A scoping review. International Journal of Medical Informatics. 2022. Vol. 162. Pp. 104735.
3. Fine, J.; Branan, K.L.; Rodriguez, A.J.; Boonya-ananta, T.; Ajmal; Ramella-Roman, J.C.; McShane, M.J.; Coté, G.L. Sources of Inaccuracy in Photoplethysmography for Continuous Cardiovascular Monitoring. Biosensors. 2021. Vol. 11. pp. 126.