

УДК 535.247.4

## ПУЛЬСОКСИМЕТРИЧЕСКИЙ ДАТЧИК ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ФРИДАЙВЕРОВ

Разживина К.Р. (ИТМО), Кундиус А.А. (ИТМО)

Научный руководитель – Ширяев Д.С.

(ИТМО)

**Введение.** Фридайвинг – развивающийся вид спорта в мире и в России, при котором спортсмены погружаются под воду с задержкой дыхания. Длительная задержка дыхания под водой может приводить к таким нарушениям, как гипоксия, потеря сознания или психомоторная заторможенность [1,2]. Такие нарушения возможно предотвращать, накапливая информацию об изменениях физиологических параметров человека (частоты сердечных сокращений, уровня насыщения артериальной крови кислородом) в течение тренировки под водой. На сегодняшний день не представлено коммерчески доступных датчиков для спортсменов-фридайверов, и в связи с необходимостью отслеживания параметров спортсменов было принято решение разработать пульсоксиметрический датчик, функционирующий в течение всей тренировки под водой. Кроме того, большая часть датчиков некорректно работает при низких значениях сатурации (до 91%) [3], что также является вызовом для разработки пульсоксиметрических датчиков для фридайверов в связи с падением сатурации человека вплоть до 65% из-за длительной задержки дыхания под водой [4]. Моделирование взаимодействия излучения пульсоксиметрического датчика с кожей методом Монте-Карло в водной среде показало соответствие зависимостей полных энергетических потоков от уровня сатурации в случае водной и воздушной сред, кроме того, по результатам моделирования также рассчитаны токи, протекающие через фотодиод в зависимости от падающего энергетического потока [5]. Для решения проблемы мониторинга физиологических параметров фридайверов была поставлена цель разработать коммерчески доступный пульсоксиметрический датчик для применения во фридайвинге.

**Основная часть.** В работе произведен расчет электрической схемы, включающей в себя функциональные узлы управления светодиодами, управления зарядом батареи, памяти, передачи данных и обработки сигнала на фотодиодах, а также проведено моделирование электрической схемы усилительного каскада. Новая электрическая схема позволяет снизить уровень шума на электронных компонентах, а также уменьшить габариты печатной платы пульсоксиметрического датчика. Электрическая схема усилительного каскада основана на микросхеме двухканального операционного усилителя и фильтре низких частот с множественной обратной связью. Коэффициент усиления по мощности составил 60 дБ на всем диапазоне рабочих частот (0,5–100 Гц). В качестве входных данных были использованы значения тока на фотодиоде, рассчитанные с помощью математической модели взаимодействия излучения датчика с кожей. В результате моделирования были получены значения напряжения на выходе усилительного каскада. Полученные значения напряжения изменяются в диапазоне 0–1,8 В, что не превышает напряжение питания, равное 3,3 В. Разработанная схема позволяет проводить обработку аналогового сигнала на выходе усилительного каскада посредством аналогово-цифрового преобразователя микроконтроллера. Также разработана печатная плата на основе рассчитанной электрической схемы. Габариты платы составили 18x42 мм. Проведены измерения частоты сердечных сокращений и сатурации человека с помощью разработанного пульсоксиметрического датчика в рабочих условиях.

**Выводы.** Разработана новая электрическая схема для пульсоксиметрического датчика, включающая в себя все необходимые для автономной работы функциональные узлы. Разработан пульсоксиметрический датчик для системы мониторинга состояния фридайверов, проведены измерения с использованием разработанного датчика.

#### **Список использованных источников:**

1. Chmura J. et al. The impact of freediving on psychomotor performance and blood catecholamine concentration //Undersea Hyperb. Med. – 2014. – Т. 41. – С. 111-117.
2. Andersson J. P. A., Evaggelidis L. Arterial oxygen saturation and diving response during dynamic apneas in breath-hold divers //Scandinavian journal of medicine & science in sports. – 2009. – Т. 19. – №. 1. – С. 87-91.
3. Luks A. M., Swenson E. R. Pulse oximetry for monitoring patients with COVID-19 at home. Potential pitfalls and practical guidance //Annals of the American Thoracic Society. – 2020. – Т. 17. – №. 9. – С. 1040-1046.
4. Olsen C. R., Fanestil D. D., Scholander P. F. Some effects of apneic underwater diving on blood gases, lactate, and pressure in man //Journal of Applied Physiology. – 1962. – Т. 17. – №. 6. – С. 938-942.
5. Разживина К.Р., Кундиус А.А., Камарчук А.В., Ширяев Д.С. Разработка и моделирование пульсоксиметрического датчика для системы мониторинга насыщения крови кислородом фридайверов //XII Конгресс молодых ученых ИТМО – 2023. URL: <https://kmu.itmo.ru/digests/article/9821>