

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 681.784.8

### Исследование эффективности функционирования трансмиссионного пульсоксиметра в зависимости от цвета покрытия ногтевых пластин

М.М. Сябро, М.К. Суханов

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

В настоящее время стало еще более доступным и часто применяемым использование пульсоксиметров для определения сатурации крови. Влияет ли на измерение количества кислорода в крови лаковое покрытие на ногтях у людей с маникюром? Чтобы ответить на этот вопрос и определить точность показателей сатурации у таких пациентов, необходимо исследовать эффективность пульсоксиметрии в зависимости от лакового покрытия на ногтях.

**Ключевые слова:** пульсоксиметрия, трансмиссионная пульсоксиметрия, эффективность измерения сатурации

**Для цитирования.** Сябро М.М., Суханов М.К. Исследование эффективности функционирования трансмиссионного пульсоксиметра в зависимости от цвета покрытия ногтевых пластин. *Молодой исследователь Дона*. 2024;9(2):37–40.

### Efficiency of a Transmission Pulse Oximeter Depending on the Nail Polish Color

Margarita M. Syabro, Maksim K. Sukhanov

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

Currently, the use of pulse oximeters to determine blood saturation has become even more accessible and often used. Does the coating on the nails of people with manicures affect the measurement of the amount of oxygen in blood? To answer this question and determine the accuracy of saturation indicators in such patients, it is necessary to investigate the effectiveness of pulse oximetry depending on the nail polish.

**Keywords:** pulse oximetry, transmission pulse oximetry, efficiency of saturation measurement

**For citation.** Syabro MM, Sukhanov MK. Efficiency of a Transmission Pulse Oximeter Depending on the Nail Polish Color. *Young Researcher of Don*. 2024;9(2):37–40.

**Введение.** Медицинская помощь с каждым годом становится все более качественной и доступной и в мире, и у нас в стране. Но тем не менее все еще существуют проблемы, связанные с диагностикой и лечением различных заболеваний, в частности заболеваний сердечно-сосудистой системы. Статистика свидетельствует: более 17 миллионов человек ежегодно умирает от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), что составляет третью часть от общего количества умерших. В России от ССЗ умирает миллион человек в год (это 56,7 % от всех смертей в стране).

Прогнозируется, что в ближайшие 15 лет в нашей стране могут быть излечены четыре миллиона человек только за счет улучшающейся диагностики и применения мирового опыта лечения. Один из способов такой диагностики — это своевременный контроль уровня кислорода в крови [1]. Его могут проводить сами пациенты в домашних условиях с помощью пульсоксиметров.

Цель данной работы: исследовать влияние цвета лакового покрытия ногтей на эффективность измерения сатурации крови трансмиссионным пульсоксиметром. Для этого будут проведены эксперименты и сравнены их результаты.

**Основная часть.** Пульсоксиметрия — неинвазивный метод оценки степени насыщения крови кислородом. Степень насыщения крови кислородом определяется процентным содержанием оксигемоглобина в артериальной крови и называется сатурацией. Нормальное значение сатурации — 95–100 %. Принцип метода пульсоксиметрии основан на способности связанного и несвязанного с кислородом гемоглобина поглощать световые волны различного диапазона [2]. Так как оксигемоглобин в большей мере поглощает свет в инфракрасном диапазоне (940 нм), а дезоксигемоглобин — в красном (660 нм), для реализации методики пульсоксиметрии применяют датчик, который включает в себя излучатели, испускающие свет в красном и инфракрасном диапазонах, и фотоприемное устройство, регистрирующее интенсивность светового потока, попадающего на него. Проведение трансмиссионной пульсоксиметрии основано на способности светового потока проникать сквозь ткани человека, поэтому для определения значений сатурации крови излучатель и фотоприемное устройство должны находиться на противоположных сторонах, между которыми располагается исследуемая область [3]. Структурная схема пульсоксиметра представлена на рис. 1.

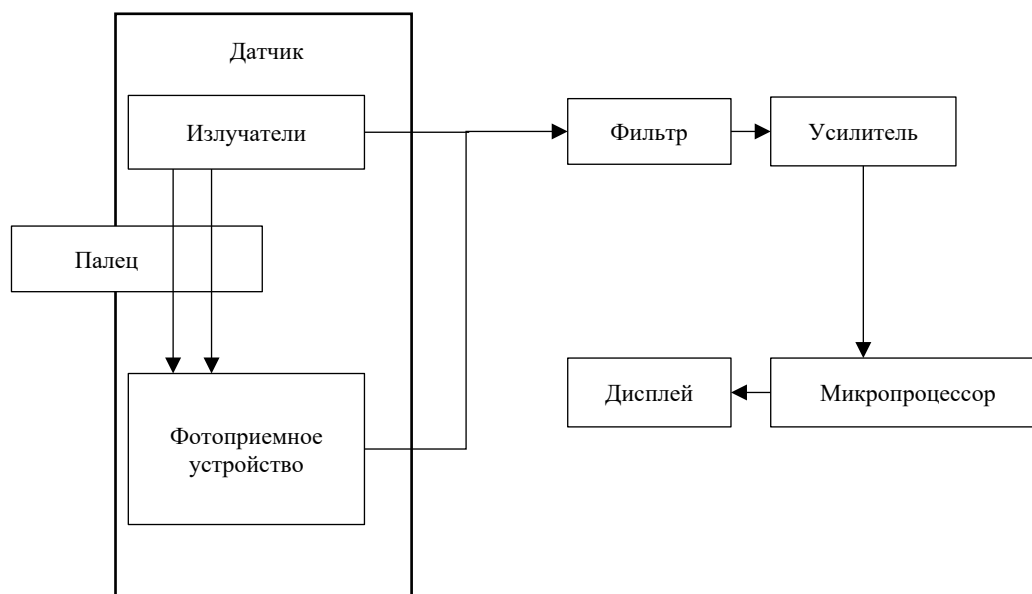


Рис. 1 Структурная схема пульсоксиметра

При проведении трансмиссионной пульсоксиметрии датчики накладываются на небольшие участки тела (палец, мочка уха, крыло носа). Наличие лака для ногтей или акрилового покрытия может повлиять на прохождение светового излучения через ткани, следовательно, и на точность измерения сатурации гемоглобина крови.

Для проведения эксперимента использовался пульсоксиметр RLM230. Его технические характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики пульсоксиметра RLM230

Параметр	Значения
Диапазон измерения сатурации $SpO_2$ , %	70...99
Точность измерения сатурации $SpO_2$ , %	$\pm 2$

Для выявления зависимостей, определяющих качество функционирования пульсоксиметра при наличии покрытия на ногтях, был проведен ряд экспериментов. На ногтевые пластины на левой руке был нанесен лак для ногтей различных цветов, на правой руке ногти были без лакового покрытия. С помощью пульсоксиметра проведены измерения сатурации гемоглобина крови на правой (контрольной) и левой (экспериментальной) руках. Результаты эксперимента представлены на рис. 2. Зеленая пунктирная линия указывает область идеальных значений сатурации крови, которая соответствует 98–99 %. Расположение светодиодов на ногтевой пластине, а фотодиода на подушечке пальца соответствует определению «верх», противоположное расположение — определению «низ». Измерение производилось с двух сторон пальца, чтобы определить степень влияния покрытия на ногтях на точность измерения сатурации гемоглобина крови.

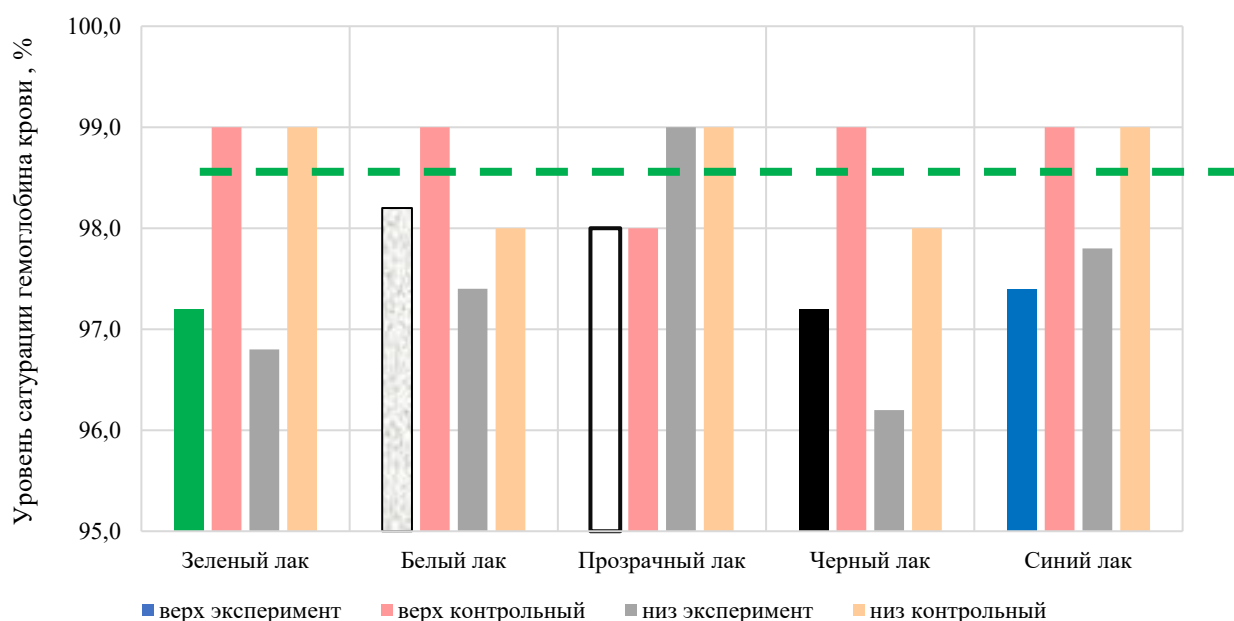


Рис. 2 Зависимость влияния цвета покрытия ногтей на качество измерения сатурации крови

На графике видно, что различные цвета лакового покрытия по-разному влияют на функционирование трансмиссионного пульсоксиметра. Зеленый, черный и синий цвета плотно перекрывают ногтевую пластину и препятствуют прохождению света от светодиодов. В результате точность измерений уменьшается, относительная погрешность составляет в среднем 1,7 %. Белый лак меньше препятствует прохождению света и слабее влияет на точность измерений, величина относительной погрешности — 0,7 %. Покрытие же прозрачным лаком не оказывает никакого воздействия на точность измерений и позволяет наиболее точно оценить насыщение крови кислородом.

Определим среднее квадратичное отклонение и дисперсию для выборки значений. Среднее квадратичное отклонение (СКО) показывает рассеивание значений величины относительно ее математического ожидания и рассчитывается по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n-1)}} \tag{1}$$

Дисперсия — мера разброса случайной величины относительно ее математического ожидания. Рассчитывается по формуле:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n-1)} \tag{2}$$

Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчетов СКО и дисперсии выборки значений

Параметр	Цвет лака				
	зеленый	белый	прозрачный	черный	синий
СКО	0,84	0,84	1,00	0,84	1,14
Дисперсия	0,70	0,70	1,00	0,70	1,30

При проведении эксперимента также было замечено, что измерение на пальцах с покрытием зеленого, черного и синего цветов происходило в среднем на 10–15 секунд дольше, чем на пальцах с прозрачным покрытием.

**Заключение.** Таким образом, в ходе проведенного эксперимента доказано влияние цвета лака на ногтях на точность измерения сатурации крови трансмиссионным пульсоксиметром. Лак зеленого, черного и синего цветов оказывает наибольшее влияние на точность измерения, величина относительной погрешности составляет 1,7 %. Прозрачный лак для ногтей не оказал никакого влияния на измерение, что подтверждается рассчитанными дисперсией и СКО.

Результаты исследования применимы для уточнения рекомендаций медицинскому персоналу и пациентам при измерении сатурации крови трансмиссионным пульсоксиметром, а также при выборе метода пульсоксиметрии для конкретного пациента.

### Список литературы

1. Статистика сердечно-сосудистых заболеваний в России. URL: <https://chekhovsc.ru/blog/statistika-serdechno-sosudistykh-zabolevanij-v-rossii> (дата обращения: 20.10.23).
2. Бузунов Р.В., Иванова И.Л., Кононов Ю.Н., Лопухин С.Л., Максимов Н.И., Пименов Л.Т. *Компьютерная пульсоксиметрия в диагностике нарушений дыхания во сне*. Учебное пособие. Ижевск: Игма; 2013. 40 с.
3. Гаранин А.А., Дьячков В.А., Рубаненко А.О., Репринцева О.А., Дупляков Д.В. Методы пульсоксиметрии: возможности и ограничения. *Российский кардиологический журнал*. 2023;28(3S):54–67. <https://doi.org/10.15829/15604071-2023-5467>

### Об авторах

**Маргарита Михайловна Сябро**, студент кафедры приборостроения и биомедицинской инженерии Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [syabro.margo@mail.ru](mailto:syabro.margo@mail.ru)

**Максим Константинович Суханов**, студент кафедры приборостроения и биомедицинской инженерии Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [suhanov\\_mk@mail.ru](mailto:suhanov_mk@mail.ru)

*Конфликт интересов:* авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

### About the Authors:

**Margarita M. Syabro**, Student of the Instrumentation and Biomedical Engineering Department, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, RF, 344003), [syabro.margo@mail.ru](mailto:syabro.margo@mail.ru)

**Maksim K. Sukhanov**, Student of the Instrumentation and Biomedical Engineering Department, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, RF, 344003), [suhanov\\_mk@mail.ru](mailto:suhanov_mk@mail.ru)

*Conflict of interest statement:* the authors do not have any conflict of interest.

*All authors have read and approved the final manuscript.*