

DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-3-191-196>

УДК 669

© Коллектив авторов, 2021

Максимов И.Б.¹, Фесенко М.А.², Синопальников В.И.¹, Диашев А.Н.³**Телеметрический контроль при оценке трудоспособности работников транспортной отрасли**¹АО «РТ-Медицина», Гоголевский б-р, 21с2, Москва, Россия, 119019²«ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова», пр-т Будённого, 31, Москва, Россия, 105275;³Фонд «Медиа», 2-й Котляковский пер., 1а, Москва, Россия, 115201**Введение.** В современном мире внедрение цифровых технологий в здравоохранении является одним из приоритетов развития, которое открывает широкий спектр возможностей от скрининга и контроля до лечения различных нарушений здоровья.

В 2020 г. была выполнена научно-исследовательская работа по оценке прикладных возможностей бесконтактной видеоплетизмографии на основе разработанной нами и патентованной системы телеметрического контроля с применением программно-аппаратного комплекса «ДИСИТА» при проведении предрейсовых и послерейсовых медицинских осмотров у 19 водителей легкового автотранспорта.

Цель исследования — изучение возможностей данных вариационной пульсометрии с использованием отражённой видеоплетизмографии при оценке работоспособности водителей в процессе выполнения ими функциональных обязанностей; выявление наиболее чувствительных и значимых показателей variability сердечного ритма, отражающих воздействие профессиональной нагрузки.**Материалы и методы.** При проведении обычного предрейсового обследования, параллельно осуществлялась видеоплетизмография кожных покровов лица испытуемых в условиях, как естественного дневного освещения, так и типичного искусственного освещения лечебно-диагностических кабинетов, на расстоянии регистрирующей ВЭБ-камеры программно-аппаратного комплекса «ДИСИТА» от лица испытуемого в пределах 40–70 см. Обследование осуществлялось в строгом соответствии с методическими рекомендациями разработанными коллективом «НИИМТ» и АО «РТ-Медицина».**Результаты.** В ходе работы было установлено: видеоплетизмография с оценкой данных вариационной пульсометрии может быть использована в качестве метода оценки функциональных состояний при массовых предрейсовых (предсменных) и послерейсовых (послесменных) медицинских осмотрах. При этом ЧСС, оцениваемая пальпаторно, была тождественна ЧСС получаемой при видеоплетизмографии. Наиболее чувствительными параметрами, характеризующими влияние профессиональной нагрузки на водителей, явились изменения показателей вариационной пульсометрии: SDNN, RMSSD, CV, TP, HF, LF и волны регуляции вазомоторики.**Выводы.** Видеоплетизмография с оценкой данных вариационной пульсометрии может быть, использована для прогнозирования функционального состояния (устойчивости организма) водителей в процессе их профессиональной деятельности.**Ключевые слова:** предрейсовый осмотр; водитель; видеоплетизмография; пульсометрия**Для цитирования:** Максимов И.Б., Фесенко М.А., Синопальников В.И., Диашев А.Н. Телеметрический контроль при оценке трудоспособности работников транспортной отрасли. *Мед. труда и пром. экол.* 2021; 61(3): 191–196. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-3-191-196>**Для корреспонденции:** Фесенко Марина Александровна, заведующий лабораторией профилактики нарушений репродуктивного здоровья работников ФГБНУ «НИИМТ» д-р мед. наук. E-mail: marnast@mail.ru**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.**Конфликт интересов.** Авторы статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 10.03.2021 / Дата принятия к печати: 25.03.2021 / Дата публикации: 22.04.2021

Igor B. Maksimov¹, Marina A. Fesenko², Vladimir I. Sinopalnikov¹, Aleksey N. Diashev³**Telemetric control in assessing the working capacity of transport industry employees**¹JSC "RT-Medicine", Gogolevskij b-r, 21s2, Moscow, Russia, 119019;²Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budyonnogo Ave., Moscow, Russia, 105275;³Foundation "MEDIAN", 2nd Kotljakovskij per., 1a, Moscow, Russia, 115201**Introduction.** In the modern world, the introduction of digital technologies in healthcare is one of the priorities of development, which opens up a wide range of opportunities from screening and monitoring to various health disorders.

In 2020 we completed the work to evaluate the applied capabilities of contactless videoplethysmography based on the telemetric control system developed by us and patented using the DISITA software and hardware complex during pre-trip post-trip medical examinations in 19 drivers of passenger vehicles.

The study aims to explore the possibilities of the data of variational heart rate monitoring using reflected video plethysmography in assessing drivers' performance in their work.

We have identified the most sensitive and significant heart rate variability indicators that reflect the professional load's impact.

Materials and methods. We carried out during the usual pre-trip examination, video plethysmography of the skin of the face of the subjects in parallel in conditions of both natural daylight and typical artificial lighting of medical and diagnostic rooms, at a distance of the recording WEB camera of the DISITA software and hardware complex from the face of the subject within 40–70 cm. Researchers examined the methodological recommendations developed by the Izmerov Research Institute of Occupational Health team and RT-Medicine JSC.**Results.** We use videoplethysmography to evaluate variational heart rate monitoring as a method for assessing functional states during mass pre-trip (pre-shift) and post-trip (post-shift) medical examinations. In this case, the heart rate estimated by palpation was identical to the heart rate obtained by videoplethysmography. The most sensitive parameters characterizing the impact of professional load on drivers were changes in the indicators of variational heart rate monitoring: SDNN, RMSSD, CV, TR, HF, LF, and the waves of vasomotion regulation.**Conclusions.** Videoplethysmography with an assessment of the data of variational heart rate monitoring can be used to predict the functional state (stability of the body) of drivers in the course of their professional activities.**Keywords:** pre-trip inspection; driver; videoplethysmography; heart rate monitoring**For citation:** Maksimov I.B., Fesenko M.A., Sinopalnikov V.I., Diashev A.N. Telemetric control in assessing the working capacity of transport industry employees. *Med. truda i prom. ekol.* 2021; 61(3): 191–196. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-3-191-196>**For correspondence:** Marina A. Fesenko, the Head of the prevention of reproductive health disorders laboratory, Izmerov Research Institute of Occupational Health, Dr. of Sci. (Med.). E-mail: marnast@mail.ru**Information about authors:** Maksimov I.B. <https://orcid.org/0000-0001-6773-3127>Fesenko M.A. <https://orcid.org/0000-0001-7136-1442>Sinopalnikov V.I. <https://orcid.org/0000-0002-8759-8273>Diashev A.N. <https://orcid.org/0000-0002-0312-9382>**Funding.** The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.
Received: 10.03.2021 / Accepted: 25.03.2021 / Published: 22.04.2021

Введение. В современном мире внедрение цифровых технологий в здравоохранении является одним из приоритетов развития, которое открывает широкий спектр возможностей от скрининга и контроля до лечения различных нарушений здоровья.

Трудовая деятельность водителей сопряжена с повышенными нервно-психическими нагрузками и стрессами. Нарушения в психоэмоциональной сфере ведут к снижению способности оперативно принимать решения, негативно влияют на функциональное состояние организма, приводят к деструктивным изменениям прежде всего в сердечно-сосудистой и нервной системах. Своевременное обнаружение изменений функционального состояния, оперативная коррекция самых ранних нарушений и восстановление физиологических резервов организма водителей в интересах безопасности дорожного движения, продление профессионального долголетия и улучшение качества жизни в современных условиях является ведущим направлением в системе профилактических мер медицины труда и социальной защищённости водителей.

Для оценки состояния водителей при проведении предрейсовых и послерейсовых медицинских осмотров возможно использовать бесконтактную видеоплетизмографию на основе разработанной нами и патентованной системы телеметрического контроля с применением программно-аппаратного комплекса «ДИСИТА» [1, 2].

Целевым назначением бесконтактной видеоплетизмографии является дистанционная регистрация сигнала фотоплетизмограммы кожных покровов лица в режиме реального масштаба времени. Дистанционные измерения в данном случае предполагают наличие условий прямой видимости лица человека цифровой видеокамерой. Биологическим объектом для системы является непосредственно исследуемый человек.

В основе метода видеоплетизмографии лежит анализ изменений контрастности пикселей в зависимости от интенсивности кровотока в капиллярах кожи. Учитывая ангиоархитектонику микроциркуляторного русла (МЦР) кожи, получаемая информация отражает кровотоки в переходных отделах капилляров, которые расположены непосредственно у самой поверхности кожи и являются противоположным сердцу «полюсом» большого круга кровообращения, где и происходят все обменные процессы.

Разработан алгоритм анализа видеопотока, который позволяет построить видеоплетизмограмму сосудов лица. Для телемониторинга капиллярного кровотока доступны совершенно любые участки кожного покрова тела человека, но именно кожа лица представляет особый интерес сразу по нескольким причинам. К первой можно отнести регионарные особенности иннервации микрососудов кожи, которая представлена в основном соматической чувствительной (афферентной) и вегетативной симпатической (эфферентной) системами регуляции. Непосредственное участие парасимпатической нервной системы в регуляции кожного микроциркуляторного кровотока считается доказанным только для кожи лица [3, 4]. Таким образом, исследование микроциркуляторного кровотока именно в области кожи лица открывает возможности для изучения практически всех механизмов нейрогенного контроля вазомоторной активности резистивных микрососудов на противоположном сердцу «полюсе» большого круга кровообращения.

Применение бесконтактной видеоплетизмографии не нарушает однородности потоков энергии и информации между телом человека и окружающей средой ни на одном из уровней структурно-функциональной организации.

Видеоплетизмограмма может быть использована для измерения большого числа различных характеристик сердечно-сосудистой деятельности. Например, частота артериального пульса, которую часто ошибочно отождествляют с частотой сердечных сокращений. Значение частоты артериального пульса равно обратной величине периода следования пульсовых волн кровена-

полнения [5]. Мы реализовали алгоритм подсчёта частоты артериального пульса по фотоплетизмограмме, работающий в режиме реального масштаба времени. Алгоритм основан на методе гармонического анализа и состоит из последовательности процедур, обрабатывающих цифровые отсчёты сигнала.

В аналитическом блоке системы телемониторинга заложена методология анализа вариабельности сердечного ритма, оценки данных вариационной пульсометрии с использованием отражённой видеоплетизмографии.

На основании изменений динамического ряда значений длительности кардиоинтервалов, измеряемых в миллисекундах, статистическом измерении частоты сердечных сокращений и дыхательных движений и их графическом отображении (скатерограмма и кардиоинтервалограммы) представляемых в разделе измерений программы осуществляется мониторинг физиологических функций работника.

Основным показанием к применению методов анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР) является наличие вероятных изменений со стороны регуляторных систем организма, в частности изменений вегетативного баланса. Поскольку практически нет таких функциональных состояний или заболеваний, в которых бы не участвовали механизмы вегетативной регуляции, то сфера применения метода анализа ВСР поистине неисчерпаема. Это обусловлено тем, что метод на сегодняшний день, является, пожалуй, единственным доступным, неинвазивным, достаточно простым и относительно дешёвым методом оценки вегетативной регуляции. Учитывая широкие перспективы развития метода, тем более важно обеспечить его стандартизацию и сравнимость данных, получаемых разными исследователями. При математическом анализе показателей вариабельности сердечного ритма мы отталкивались только как на традиционные, предложенные Р.М. Баевским (2001) так и на те, которые признаны международным врачебным сообществом [6–9].

Цель исследования — выявление наиболее чувствительных и значимых показателей вариабельности сердечного ритма, отражающих воздействие профессиональной нагрузки, по данным вариационной пульсометрии с использованием отражённой видеоплетизмографии при оценке работоспособности водителей в процессе выполнения ими функциональных обязанностей.

Материалы и методы. Обследованы 19 человек водителей (все со стажем вождения автомобиля более 7 лет) в возрасте от 30 до 39 лет, не страдающих хроническими заболеваниями. В **таблице 1** представлена антропометрическая характеристика обследуемых.

При проведении предрейсового осмотра водителей параллельно осуществлялась видеоплетизмография кожных покровов лица испытуемых в условиях, как естественного дневного освещения, так и типичного искусственного освещения лечебно-диагностических кабинетов, на расстоянии регистрирующей ВЭБ-камеры программно-аппаратного комплекса «ДИСИТА» от лица испытуемого в пределах 40–70 см. Обследование осуществлялось в строгом соответствии с методическими рекомендациями, разработанными коллективом ФГБНУ «НИИ МТ» и АО «РТ-Медицина» [10, 11].

Таблица 1 / Table 1
Возрастная и антропометрическая характеристика обследуемых (n=19)
Age and anthropometric characteristics of the subjects (n=19).

Параметр	M (SD)
Возраст, год	33,9 (3,1)
Рост, см	179,3 (7,0)
Вес, кг.	83,2 (16,2)
S поверхности тела, м ²	2,1 (0,2)
Индекс массы тела	25,8 (4,0)

Состояние сердечно-сосудистой системы определяли по показателям артериального давления систолического (САД) и диастолического (ДАД) по методу Короткова, частоте сердечных сокращений (ЧСС).

Контроль функционального состояния испытуемых водителей осуществлялся в течение рабочего дня: утром (перед сменой) — днём (в обеденный перерыв) — вечером (после окончания смены). В эксперименте особое внимание уделялось отдыху водителей и утомляемости в период рабочей недели.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программного обеспечения *Microsoft Office Excel 2010*.

Описание данных произведено с помощью средней арифметической (M) и среднеквадратичного отклонения (SD) процента изменений показателей. Сравнение полученных результатов проводилось при помощи t -критерия Стьюдента. Статистически значимыми считали различия при $p \leq 0,05$.

Результаты. Сравнительный анализ частоты сердечных сокращений (ЧСС) у испытуемых перед началом исследования в состоянии покоя, получаемой при обычном физикальном обследовании и при проведении видеоплетизмографии показал тождественность этих показателей.

В ходе нашего исследования мы получили следующие результаты физиологических параметров на протяжении рабочей смены обследуемых водителей (**табл. 2**).

Анализ показателей артериального давления (АД) и ЧСС, дополняемый показателями ВСР позволяет косвенно оценивать физическую работоспособность в динамике повседневной деятельности. Для оценки физической и эмоциональных нагрузок, динамики напряжённости рабочих нагрузок, применяются индексы ВСР, получаемые расчётным путём (ИНБ-индекс напряжения регуляторных систем Баевского и ИДМ-индекс дыхательной модуляции).

Как видно из таблицы статистически значимых исследуемых усреднённых гемодинамических показателей в течение рабочего дня у обследуемых выявлено не было. Это может говорить, как о достаточной физиологической адаптации к профессиональной деятельности, оптимальной трудовой нагрузке и режиме труда в данной группе обследуемых, так и о том, что эти показатели малоинформативны для решения поставленных задач.

Для оценки функционального состояния испытуемых мы применяли анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) по общепринятым подходам и критериям оценки [6–9]. В ходе данного исследования были определены следующие фоновые показатели ВСР у обследуемых (**табл. 3**).

При анализе ВСР отмечается повышение коэффициента вариации CV , нормированного по ЧСС, в дневные часы, с восстановлением значений равных утренним в вечернее время. К вечеру (концу смены) нарастает Мода (наиболее часто встречающиеся интервалы $R-R$), что характеризует переход от симпатикотонии к ваготонии. Это подтверждается незначительным физиологическим возрастанием максимальной амплитуды HF (высокочастотные колебания ритма) в вечернее время, при одновременном снижении максимальной амплитуды низкочастотных колебаний ритма — LF (**табл. 4**).

Выявленные усреднённые изменения показателей ВСР, являются компенсаторно-адаптивными и носят физиологический характер.

Обсуждение. Наиболее чувствительными параметрами, характеризующими влияние профессиональной нагрузки на водителей, явились изменения волн регуляции вазомоции (**табл. 5**). Вазомоция — термин, предложенный в 1944 г. Chamber и Zwifach, обозначает спонтанное сужение и расширение просвета метартериол и прекапиллярных сфинктеров. Вазомоция обусловлена сосудистой реактивностью и сократимостью под влиянием общего тканевого метаболизма, гуморальных факторов и вазоактивных веществ [12].

Анализ колебаний тканевой перфузии микроциркуляторного русла кожи лица представляет информацию о функциональном состоянии резистивных прекапиллярных артериол и посткапиллярных венул, а также характеризует вазомоторную

Таблица 2 / Table 2

Физиологические параметры испытуемых в процессе рабочей смены

Physiological parameters of the subjects during the work shift

Параметр	Утро	День	Вечер
	$M (SD)$		
САД	127,9 (6,0)	128,0 (7,3)	129,4 (7,8)
ДАД	81,7 (6,3)	80,3 (7,1)	80,6 (7,1)
Ср.АД (расч.)	101,5 (4,9)	100,8 (4,3)	101,5 (5,2)
Пульс АД (расч.)	39,7 (4,9)	41,0 (4,4)	41,9 (5,2)
ЧСС	70,3 (4,9)	71,6 (6,1)	70,5 (6,5)

Таблица 3 / Table 3

Фоновые показатели ВСР у обследуемых ($n=19$)

Background HRV indicators in the subjects ($n=19$)

Параметр	$M (SD)$
Мода	813,2 (73,3)
AMo	24,7 (13,2)
CV	21,8 (4,9)
SDNN	188,7 (40,3)
RMSSD	89,3 (9,8)
TP сумм мощность	2231,9 (443,7)
HF макс. амплитуда	48,7 (11,9)
LF макс. амплитуда	188,9 (43,4)
VLF макс амплитуда	255,4 (67,2)
LF/HF	4,1 (0,5)
ИНБ	36,7 (24,3)
ИДМ%	5,1 (0,5)
SDSD	48,1 (8,1)

Таблица 4 / Table 4

Показатели ВСР испытуемых в процессе рабочей смены HRV (Heart rate variability) indicators of the subjects during the work shift

Параметр	Утро	День	Вечер
	$M (SD)$		
Мода	806,4 (64,9)	804,4 (115,9)	837,2 (123,8)
AMo	21,7 (7,1)	19,9 (6,5)	22,0 (8,0)
CV	21,1 (5,2)	28,9 (30,8)	21,1 (4,3)
SDNN	188,5 (53,5)	190,6 (50,4)	189,6 (49,9)
RMSSD	89,8 (12,0)	88,9 (11,2)	91,0 (14,1)
ИНБ	36,8 (36,4)	27,4 (19,5)	37,9 (28,2)
ИДМ%	5,2 (0,6)	8,2 (0,6)	5,3 (0,7)
SDSD	49,3 (11,1)	47,6 (9,3)	48,6 (12,6)
TP сумм. мощность	2261,5 (610,0)	2272,2 (570,9)	2227,8 (473,1)
HF макс. амплитуда	47,4 (15,7)	49,9 (21,2)	51,4 (23,2)
LF макс. амплитуда	197,6 (58,6)	189,0 (51,3)	185,5 (44,9)
VLF макс амплитуда	243,3 (81,6)	261,0 (82,7)	248,8 (78,5)
LF/HF	4,1 (0,7)	4,2 (0,9)	4,1 (1,0)
VLF/HF	2,5 (0,7)	3,2 (1,8)	2,5 (0,8)

Таблица 5 / Table 5

Амплитудные характеристики волн управления вазомоциями**Amplitude characteristics of vasomotion control waves**

Параметр	Утро	День	Вечер
	М (SD)		
Волны NO	204,1 (77,2)	225,9 (98,1)	233,1 (84,5)
Волны МО	203,5 (64,6)	235,5 (71,3)	213,3 (69,9)
Волны НП	168,5 (57,4)	158,7 (44,7)	162,4 (47,3)
Волны МА	143,6 (41,1)	140,0 (40,3)	147,8 (41,6)
Волны ХВ	46,5 (9,1)	44,9 (8,5)	47,6 (13,8)
Волны ДВ	34,3 (16,2)	38,0 (20,7)	38,9 (22,3)

активность всех тонус-формирующих механизмов модуляции кровотока.

В ходе данного исследования, с целью возможности применения технологии видео оценки гемодинамики микроциркуляторного русла, нами анализировались изменения амплитуд волн нейрогенной регуляции миогенного и гуморального звеньев управления сосудистым тонусом:

- волны NO с периодом 105,3–50,0 секунды, обусловленный влиянием эндотелиального оксида азота (NO) на регуляцию микроциркуляции;
- волны МО с периодом 50,0–21,7 секунды, обусловлен-

ные низкочастотной ритмикой симпатических адренергических вазомоторных волокон, непосредственно иннервирующих микрососуды кожи;

- волны НП с периодом 20–14,5 секунды, обусловленные влиянием на миоциты нейропептидов сенсорных пептидергических нервных волокон;
- волны МА с периодом 14,5–6,66 секунды, обусловленные собственной миогенной активностью миоцитов микрососудов;
- волны ХВ с периодом 6,5–5,2 секунды, обусловленные парасимпатическими или симпатическими холинергическими влияниями, формирующиеся вне системы микроциркуляции;
- волны ДВ с периодом 5–2,5 секунды, обусловленные дыхательными движениями, реализуются через веноулярное звено и отражают дыхательную модуляцию оттока крови.

Отмечено четкое повышение волны МО на профессиональную нагрузку в дневные часы с последующим снижением к вечеру при проведении послесменного осмотра, нарастание амплитуды волны NO на фоне нагрузки в дневное время с последующим максимальным подъемом в вечерние часы. Всё это свидетельствует о повышении симпатической регуляции на фоне рабочих нагрузок. При этом начиная с дневных часов статистически значимое ($p < 0,05$) увеличение амплитуды дыхательных волн свидетельствует о компенсаторной активации парасимпатической регуляции.

Таблица 6 / Table 6

Водитель К. 30 лет. Результаты медицинского осмотра на протяжении одной рабочей смены**Driver K. 30 years old. Medical examination results during one work shift**

Параметр	Утро	День	Вечер
	М (SD)		
САД	127,9 (7,8)	130,0 (5,9)	131,4 (10,3)
ДАД	83,2 (6,0)	82,6 (4,5)	83,6 (3,2)
ЧСС	65,3 (8,5)	64,8 (7,8)	66,6 (7,8)
Мода	823,7 (127,3)	1159,6 (591,4)	813,2 (208,6)
Амо	13,1 (6,2)	6,1 (4,8)	15,2 (7,2)
CV	27,6 (8,0)	31,5 (6,1)	23,0 (5,7)
SDNN	262,3 (102,6)	297,1 (85,6)	209,0 (59,0)
RMSSD	106,8 (20,3)	111,0 (20,0)	97,0 (12,0)
ИНБ	9,3 (8,2)	4,1 (5,4)	9,4 (3,2)
SDSD	59,3 (16,3)	69,7 (21,0)	58,2 (13,7)
TP сумм. мощность	3127,2 (1175,8)	3622,6 (1046,2)	2316,2 (683,7)
HF макс. амплитуда	52,6 (23,3)	40,6 (12,5)	36,9 (10,9)
LF макс. амплитуда	288,9 (98,6)	312,7 (94,5)	188,7 (41,1)
VLF макс. амплитуда	341,2 (157,2)	493,2 (175,2)	296,4 (144,0)
LF/HF	4,5 (1,5)	6,2 (1,2)	4,7 (1,2)
VLF/HF	3,1 (0,9)	5,6 (0,9)	2,7 (0,8)
Волны NO	289,2 (171,7)	493,2 (175,2)	290,4 (146,7)
Волны МО	321,7 (131,0)	382,4 (132,7)	184,8 (63)
Волны НП	225,6 (104,4)	247,3 (140,5)	126,9 (31,4)
Волны МА	241,0 (99,6)	217,9 (37,8)	188,7 (41,1)
Волны ХВ	64,2 (17,3)	49,9 (16,1)	41,7 (10,8)
Волны ДВ	32,6 (8,7)	36,3 (15,7)	28,3 (11,7)

Таблица 7 / Table 7

Водитель Б. 34 лет. Результаты медицинского осмотра на протяжении одной рабочей смены**Driver B. 34 years old. Medical examination results during one work shift**

Параметр	Утро	День	Вечер
	М (SD)		
САД	123,7 (5,8)	124,6 (7,8)	126,6 (4,3)
ДАД	79,2 (5,7)	79,4 (4,2)	77,0 (5,9)
ЧСС	77,4 (10,5)	83,4 (9,9)	71,6 (15,7)
Мода	724,6 (83,9)	669,2 (77,9)	946,8 (398,6)
Амо	33,6 (27,2)	18,9 (14,8)	19,6 (19,8)
CV	15,1 (10,3)	22,7 (8,5)	24,6 (10,8)
SDNN	127,1 (97,2)	168,3 (76,6)	223,2 (121,0)
RMSSD	71,0 (29,6)	90,1 (21,9)	106,0 (31,6)
ИНБ	135,3 (234,4)	27,7 (29,8)	37,6 (67,2)
SDSD	34,9 (19,9)	49,9 (15,8)	66,5 (27,8)
TP сумм. мощность	1587,7 (1096,8)	2008,6 (904,2)	2557,5 (1255,5)
HF макс. амплитуда	28,4 (12,4)	95,8 (102,7)	83,5 (81,9)
LF макс. амплитуда	126,7 (98,2)	152,7 (107,5)	221,7 (172,1)
VLF макс. амплитуда	164,3 (160,2)	203,2 (149,2)	266,4 (152,0)
LF/HF	3,4 (1,7)	3,1 (1,9)	3,7 (2,2)
VLF/HF	1,7 (1,3)	2,0 (1,3)	2,1 (1,6)
Волны NO	118,7 (115,0)	169,8 (149,0)	256,4 (149,7)
Волны МО	167,4 (164,5)	166,2 (110,4)	238,3 (177,9)
Волны НП	111,3 (94,5)	124,3 (116,5)	200,5 (144,4)
Волны МА	97,8 (66,5)	100,7 (55,6)	153,7 (98,3)
Волны ХВ	41,7 (27,3)	58,6 (17,3)	67,4 (90,8)
Волны ДВ	21,6 (12,7)	73,9 (114,7)	19,7 (19,7)

Среднеуровневые значения амплитуды колебаний регуляторных волн в однородной по возрасту и полу профессиональной группе позволяют осуществлять персонализированный контроль за интенсивностью рабочих нагрузок и уровнем физиологической адаптации к ней конкретных водителей, у которых волновые характеристики выходят за пределы этих амплитудно-частотных характеристик.

Более информативный характер приобретают показатели ВСР при персонализированной оценке влияния рабочей нагрузки на конкретного водителя. В качестве иллюстрации приводим следующие наблюдения.

Ниже представлены показатели водителей, имеющих наибольшие отклонения оцениваемых показателей, при этом обращает внимание прямо противоположное изменение параметров: в первом случае снижение основных параметров регуляции в вечернее время после завершения рабочей смены: SDNN (стандартное отклонение RR интервалов ритмограммы), RMSSD (квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар кардиоинтервалов NN), CV (коэффициент вариации), TP (общая мощность спектра нейрогуморальной регуляции), HF-высокочастотные колебания ритма (вагусная активность), LF-низкочастотные колебания ритма (влияние симпатoadренальной системы) и амплитуд волн управления вазомоциями в том числе, снижение разброса данных определяемых среднеквадратичным отклонением, и увеличение тех же параметров у второго водителя с увеличением дисперсии в измерениях в дневные часы (табл. 6, 7).

Снижение к концу рабочего дня показателей, характеризующих вагусную регуляцию, при одновременном снижении низкочастотных колебаний, характеризующих влияние симпатoadре-

нальной системы (максимальной амплитуды LF), и, в конкретном случае, может указывать на повышенную утомляемость данного водителя к концу смены и необходимости предоставления ему полноценного отдыха.

Повышение к концу рабочего дня показателей, характеризующих вагусную регуляцию при одновременном повышении низкочастотных колебаний, характеризующих влияние симпатoadренальной системы (максимальной амплитуды LF), в конкретном случае может указывать на адекватную рабочую нагрузку и хорошие компенсаторно-адаптационные реакции на её воздействие у данного водителя к концу смены.

Выводы:

1. Видеоплетизмография с оценкой данных вариационной пульсометрии может быть использована в качестве метода оценки функциональных состояний при массовых предрейсовых (предсменных) и послерейсовых (послесменных) медицинских осмотрах.

2. ЧСС, оцениваемая пальпаторно, была тождественна ЧСС, получаемой при видеоплетизмографии.

3. Наиболее чувствительными параметрами, характеризующими влияние профессиональной нагрузки на водителей, оказались изменения показателей вариационной пульсометрии: SDNN, RMSSD, CV, TP, HF, LF и волны регуляции вазомоций.

Таким образом, видеоплетизмография с оценкой данных вариационной пульсометрии может быть использована для индивидуального прогнозирования нарушения функционального состояния (устойчивости организма) водителя в процессе профессиональной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борзов А.Б., Волков А.К., Диашев А.Н., Синопальников В.И. и др. «Система телеметрического контроля параметров жизненно-важных функций пациента и способ телеметрического контроля». Евразийский патент № 033982 от 16.12.2019.
2. Борзов А.Б., Волков А.К., Диашев А.Н., Синопальников В.И. и др. «Программно-аппаратный комплекс телеметрического контроля физиологического и психического состояния работника (пациента) и способ определения клинических признаков препятствующих выполнению трудовых обязанностей при дистанционном взаимодействии медицинских работников и работника (пациента)». Евразийский патент № 035602 от 15.06.2020.
3. Fedorovich A.A. Non-invasive evaluation of vasomotor and metabolic functions of microvascular endothelium in human skin. *Microvasc. Res.* 2012; 84: 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.mvr.2012.03.011>
4. Fedorovich A.A., Drapkina O.M., Sinopalnikov V.I. Pronko K.N. Telemonitoring of Capillary Blood Flow in the Human Skin: New Opportunities and Prospects. *Clin. Pract.* 2018; 15(2): 561–567.
5. Баевский Р.М. Барсена А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина; 1997.
6. Баевский Р. М. Концепция физиологической нормы и критерии здоровья. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова.* 2003; 89 (4): 473–87.
7. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин А.В. и др. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем. *Вестник аритмологии.* 2001; 23: 24–7.
8. Григорьев А.И., Баевский Р.М. Концепция здоровья и проблема нормы в космической медицине. М.: Слово; 2001.
9. Таранов А.А., Спиридонов И.Н. Бесконтактное измерение частоты артериального пульса. *Биотехносфера.* 2014; 3 (33): 43–5.
10. Методические рекомендации. Применение аппаратно-программного комплекса «ДИСИТА» при проведении предрейсовых и предсменных медицинских осмотров. Медико-профилактическая технология. М.: «НИИ МТ»; 2019.
11. Максимов И.Б. ред. Развитие инновационной медицины в государственной корпорации «Ростех». М.: Изд-во «Офтальмология»; 2019.
12. Chambers R., Zweifach B.W. Functional activity of blood capillary bed, with special reference to visceral tissue. *Ann. NY Acad. Sci.* 1944; 46: 683–694.

REFERENCES

1. Borzov A.B., Volkov A.K., Diashev A.N., Sinopalnikov V.I. et al. A system for telemetric monitoring of parameters of vital functions of the patient and a method for their telemetric control (in Russian). Eurasian patent № 033982 от 16/12/2019.
2. Borzov A.B., Volkov A.K., Diashev A.N., Sinopalnikov V.I. et al. «Software and hardware complex for telemetric monitoring of the physiological and mental state of an employee (patient) and a method for determining clinical signs that hinder the performance of work duties during remote interaction between medical workers and the employee (patient)» Eurasian patent № 035602 on 15/06/2020 (in Russian).
3. Fedorovich A.A. Non-invasive evaluation of vasomotor and metabolic functions of microvascular endothelium in human skin. *Microvasc. Res.* 2012; 84: 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.mvr.2012.03.011>
4. Fedorovich A.A., Drapkina O.M., Sinopalnikov V.I. Pronko K.N. Telemonitoring of Capillary Blood Flow in the Human Skin: New Opportunities and Prospects. *Clin. Pract.* 2018; 15(2): 561–7.
5. Baevskiy R.M. Barsena A.P. Assessment of the adaptive capabilities of the body and the risk of developing diseases. M.: Meditsina; 1997 (in Russian).
6. Baevskiy R.M. The concept of physiological norm and health criteria. *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal im. I.M. Sechenova.* 2001; 23: 24–7. (in Russian).
7. Baevskiy R.M., Ivanov G.G., Chireykin L.V. et al. Analysis of heart rate variability using various electrocardiographic systems. M.: *Vestnik aritmologii.* 2001; 23: 24–7 (in Russian).
8. Grigor'ev A.I., Baevskiy R.M. The concept of health and the problem of norm in space medicine. M.: Slovo; 2001 (in Russian).
9. Taranov A.A., Spiridonov I.N. Non-contact measurement of arterial pulse rate. *Biotechnosfera.* 2014; 3 (33): 43–5 (in Russian).
10. Methodological recommendations. Application of the hardware and software complex "DISITA" during pre-trip medical examinations. Mediko-profilakticheskaya tekhnologiya. M.: «NII MT», 2019. (in Russian).

Оригинальные статьи

11. Maksimov I.B. ed. *Development of innovative medicine in the State Corporation «Rostec»*. М.: Izd-vo «Oftal'mologiya»; 2019 (in Russian).
 12. Chambers R., Zweifach B.W. Functional activity of blood capillary bed, with special reference to visceral tissue. *Ann. NY Acad. Sci.* 1944; 46: 683–94.
-