

Культура физическая и здоровье. 2024. №1 (89). С. 378-384.  
Physical Culture and Health. 2024, 1 (89), 378-384.

Научная статья  
УДК 796.015.62  
DOI: 10.47438/1999-3455\_2024\_1\_378

### СУТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ КАК СИСТЕМА СОСТОЯНИЙ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА



Александр Анатольевич Ковалёв

*Балтийский федеральный университет имени И. Канта  
Калининград, Россия*

*Кандидат технических наук, руководитель группы научно-технического развития,  
доцент Высшей школы физической культуры и спорта  
тел.: +7(952)795-37-39, e-mail: sheynin@mail.ru  
ORCID 0000-0002-3052-1360*

**Аннотация.** В рамках методологии нормирования физической нагрузки занимающихся оздоровительной физической культурой совокупность суточных измерений их частоты сердечных сокращений рассматривается, как система состояний организма человека. Данное решение необходимо при определении персонализированных норм физической нагрузки на основе суточных данных пульса, полученных с помощью носимых устройств. Проблема нормирования физической нагрузки имеет два противоречия: массовое распространение носимых технологий и недостаточное использование их функционала для решения задач нормирования оздоровительной физической нагрузки; повышение эффективности занятий оздоровительной направленности и отсутствие современных технологий определения персонализированных норм. Для решения проблемы персонализации норм предлагается изменить теорию рангового анализа, которая является перспективной при исследовании суточных негауссовых данных пульса, полученных с помощью носимых устройств. Технология нормирования физической нагрузки состоит из этапов подготовки, сбора и обработки данных и выработки предложений. По результатам технологии на основе нижней, верхней границ и тренировочного потенциала определяются персонализированные значения норм физической нагрузки для трех уровней подготовки (начальный, средний, продвинутый). Полученные рекомендации могут быть использованы в качестве персональных норм физической активности и при необходимости обновлены (через месяц, квартал или год). Нормы физической нагрузки могут отслеживаются с помощью смарт-часов как вовремя, так и после занятий. При этом, полученные нормы пульса является персональными и подходят только для одного человека. Таким образом, Предложенная система состояний организма человека создает предпосылки для определения персонализированных норм физической нагрузки и разработки эффективных физкультурно-оздоровительных программ для занимающихся оздоровительной физической культурой.

**Ключевые слова:** оздоровительная физическая культура; нормирование физической нагрузки; пульс; частота сердечных сокращений; носимые устройства.

**Для цитирования:** Ковалёв А. А. Суточные измерения частоты сердечных сокращений как система состояний организма человека // Культура физическая и здоровье. 2024. № 1. С. 378-384. DOI: 10.47438/1999-3455\_2024\_1\_378.

#### Введение

Цифровая трансформация различных отраслей экономики, социальной сферы, в том числе и сферы оздоровительной физической культуры (ОФК), определена

Указом Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» в каче-

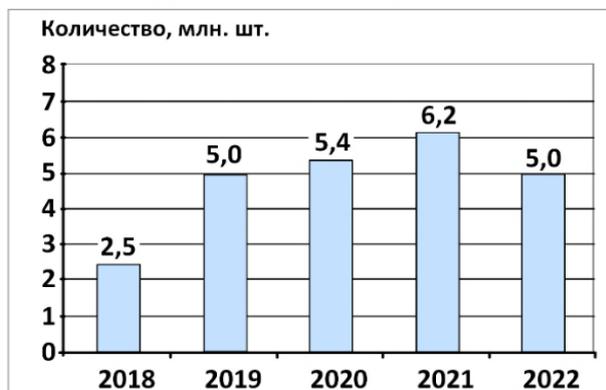
стве одной из приоритетных национальных целей развития Российской Федерации [2, 10]. Однако, не смотря на бурное развитие и массовое распространение цифровых носимых устройств (рис. 1) с функцией постоянного

мониторинга пульса с достаточной точностью, большинство современных методов и подходов нормирования физической нагрузки не учитывают данные всей суточной активности [5-8].

### ТОП-5 мировых трендов фитнеса и здоровья Top 5 global fitness and health trends

Место	2019	2020	2021	2022	2023
1	Носимые технологии	Носимые технологии	Онлайн тренировки	Носимые технологии	Носимые технологии
2	Интервальные тренировки	Групповые занятия	Носимые технологии	Тренировки дома	Тренировки со свободным весом
3	Групповые занятия	Интервальные тренировки	Тренировки с собственным весом	Занятия на улице	Тренировки с собственным весом
4	Тренировки со свободным весом	Программы для пожилых людей	Занятия на улице	Тренировки со свободным весом	Программы для пожилых людей
5	Персональные тренировки	Тренировки с собственным весом	Интервальные тренировки	Упражнение для похудения	Функциональная фитнес-тренировка

#### Продажи умных часов в РФ Sales of smart watches in Russia



#### Продажи умных часов в мире Sales of smart watches in the world

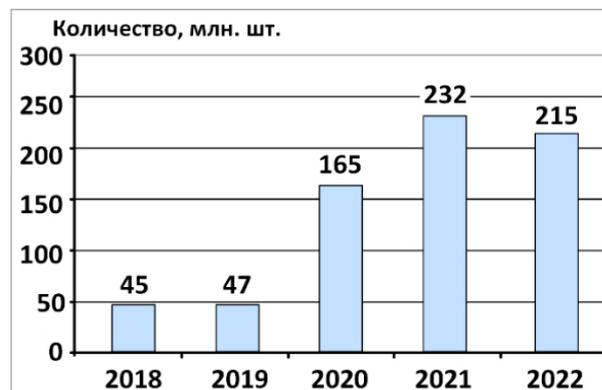


Рис. 1 – Мировые тренды фитнеса и здоровья

При этом, в ОФК подчеркивается важность определения персонализированных норм физической нагрузки, так как именно нормирование обеспечивает оздоровительный эффект нагрузки занимающихся физической культурой с одной стороны, и эффективность тренировок, с другой. Персонализированные нормы оздоровительной физической нагрузки способствуют эффективным тренировкам, тогда как недостаточная норма не приносит ожидаемого эффекта, а избыточная оказывают отрицательное воздействие [1, 4]. Поэтому актуальна необходимость в персонализированном нормировании физических нагрузок, занимающихся ОФК. При этом, под занимающимся ОФК понимается взрослый человек, не имеющий противопоказаний к занятиям, который занимается (или планирует заниматься) организованной двигательной активностью, с целью оздоровления, создания оптимального фона для жизнедеятельности, повышения сопротивляемости организма различным факторам и продления активного долголетия [1, 4-8]. При определении персонализированных норм физической нагрузки для занимающихся ОФК следует учитывать функциональные возможности их организма. На практике частота сердечных сокращений (ЧСС) является наиболее

распространенным показателем реакции организма на физическую нагрузку [1, 4-6].

«Умные» часы (фитнес-браслеты) позволяют собирать данные ЧСС в течение суток (как правило, с помощью оптического датчика методом плетизмографии) [11, 12]. Имея информацию о всей суточной двигательной активности занимающегося - всей совокупности ЧСС за сутки можно определить его персонализированные нормы физической нагрузки.

Анализ суточных данных ЧСС показал, что они относятся к виду негауссовых данных (также существуют невязанно связанные и гауссовые данные), для которых не работают центральные предельные теоремы и закон больших чисел. В математической статистике негауссовые данные исследуются и обрабатываются в рамках теории рангового анализа, разработанного профессором Б.И. Кудриным для негауссовых систем различного типа [3, 9]. Поэтому представляется перспективным использование инструментария рангового анализа в теории ОФК с целью исследования совокупности данных ЧСС и дальнейшего определения норм физической нагрузки для занимающихся ОФК [5-8]. Для реализа-

ции инструментария рангового анализа необходимо суточные измерения ЧСС рассматривать как систему состояний организма человека.

### Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим организм занимающегося ОФК как систему. Свойство такой системы - преобразовывать энергию пищи в энергию жизнедеятельности занимающегося ОФК. Показателем системы являются энерготраты, связанные с энергообменом в процессе жизнедеятельности занимающегося ОФК. Параметром системы является эквивалент калорий - частота сердечных сокращений [1, 4]. С учетом цифровизации, предлагается поня-

тие ЧСС заменить на минутную частоту сердечных сокращений (МЧСС) - это один отсчет артериального пульса взрослого человека в процессе его жизнедеятельности, снимаемый на лучевой артерии методом плетизмографии с помощью оптического датчика и измеряемый в количестве ударов сердца за одну минуту. Под одним состоянием системы понимается одно измерение МЧСС. Соответственно, в сутки таких состояний 1440.

Таким образом, под системой состояний организма человека (ССОЧ) понимается суточная совокупность МЧСС в процессе жизнедеятельности занимающегося ОФК. На рисунке 2 изображен жизненный цикл данных МЧСС в ССОЧ.

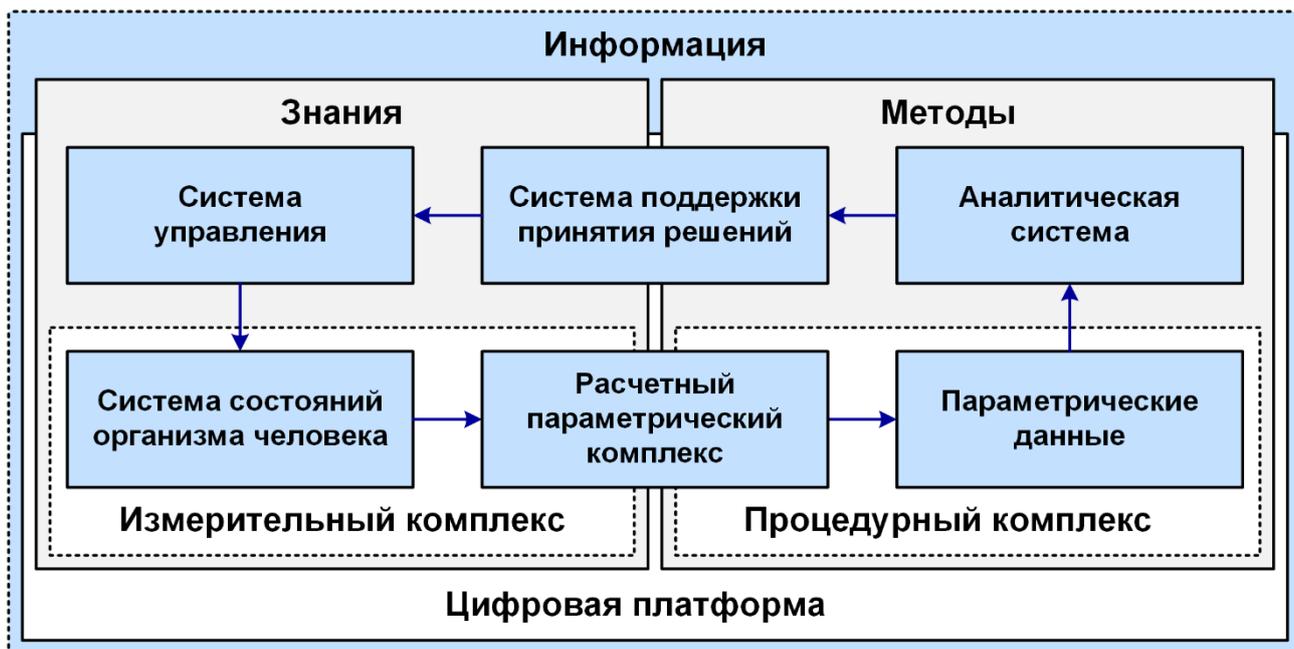


Рис. 2 – Жизненный цикл данных в ССОЧ

После измерения, МЧСС поступают в расчетный параметрический комплекс (РПК) - это формируемая по результатам измерения МЧСС, взаимосвязанная совокупность параметрических данных МЧСС, отражающая с ко-

личественной, качественной, а также динамической стороны функциональные свойства, как одного состояния в отдельности, так и системы состояний организма человека в целом. Элементом РПК является база данных МЧСС (рис. 3).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		01.03.2018	02.03.2018	03.03.2018	04.03.2018	05.03.2018	06.03.2018	07.03.2018	08.03.2018	09.03.2018	10.03.2018	11.03.2018	12.03.2018	13.03.2018
2	0:00	53	50	51	48	48	50	50	56	56	52	55	48	
3	0:01	52	50	53	49	50	52	65	56			50	48	
4	0:02				50	49	50	63	63			48	49	
5	0:03				49	49	51	50	57			53	51	
6	0:04				50	54	51	49	57	55	52	49	52	
7	0:05	53	49	49	49	46	51	50	56	54	51	49	53	
8	0:06	50	49	50	50	46	51	50	56	58	52	50	52	
9	0:07	50	50	50	50	48	51	54	57	55	50	49	53	
10	0:08	52	50	51	49	48	50	47	70	56	51	50	54	
11	0:09	51	50	49	50	49	51	48	58	58	51	51	47	
12	0:10	60	51	50	49	51	51	48	54	60	50	50	48	
13	0:11	55	58	50	49	55	55	49	53	62	51	50	49	
14	0:12	49	50	50	50	55	48	49	53	59	51	50	50	
15	0:13	52	49	49	50	49	49	50						
16	0:14	50			49	58	49	51						
17	0:15	50			50	49	49	52						
18	0:16	51			50	48	49	53	56	61	50	48	51	
19	0:17	56	52	50	50	47	48	52	55	64	59	48	51	

Рис. 3 – База данных МЧСС

Дальнейшая обработка данных МЧСС, их анализ, интерпретация и определение персонафицированных норм осуществляется в рамках методологии нормирования физической нагрузки занимающегося ОФК (рис. 4).

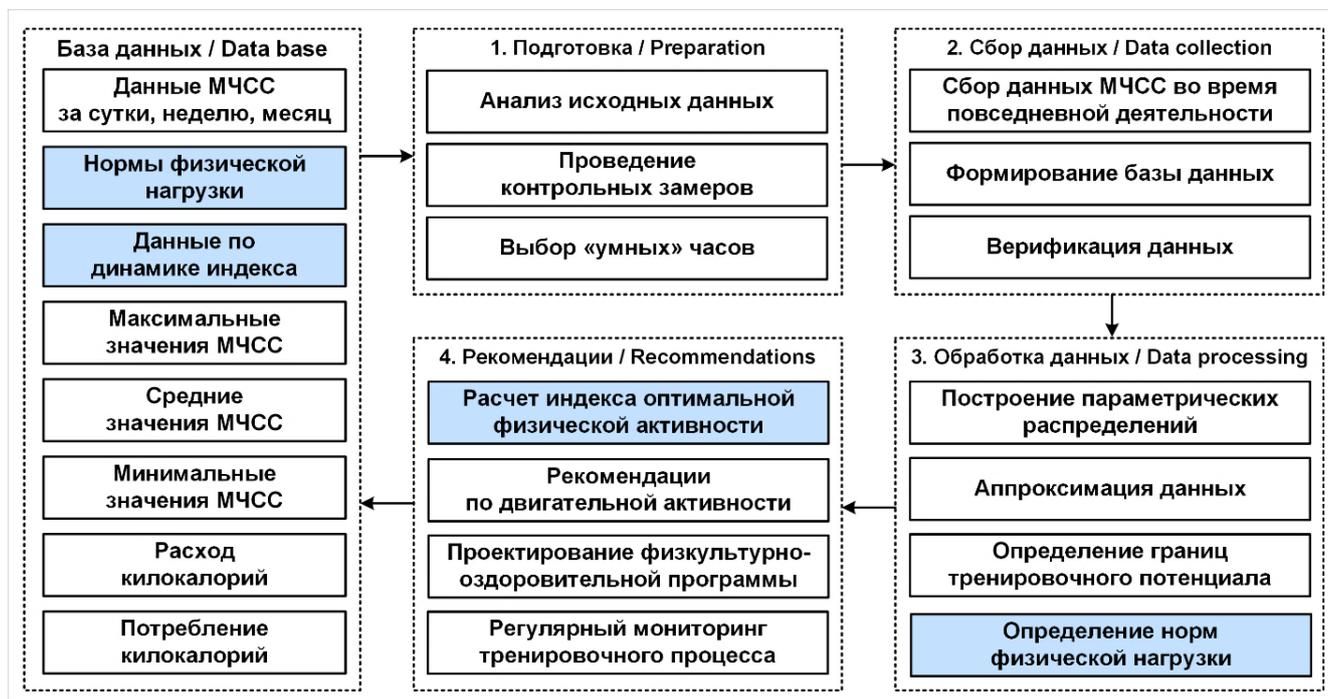


Рис. 4 – Этапы методологии нормирования физической нагрузки

По результатам методологии определяются персонафицированные значения норм физической нагрузки для трех уровней подготовки (рис. 5). Полученные рекоменда-

ции могут быть использованы в качестве персональных норм физической активности и при необходимости обновлены (через месяц, квартал или год).

Уровень подготовки Training level					
Зона ЧСС HR zone	ЧСС, уд/мин HR, bpm	Нач. elementary	Ср. Intermed.	Продв. advanced	Эффект Effect
Анаэробная	до 185	1 мин	4 мин	8 мин	Анаэр.
Пороговая	до 167	1 мин	4 мин	7 мин	Анаэр.
Аэробная	до 148	4 мин	7 мин	12 мин	Аэроб.
Средняя	от 110 до 130	9 мин	22 мин	31 мин	Аэроб.
Время, мин	-	15 мин	37 мин	58 мин	-

Рис. 5 – Персонализированные значения норм физической нагрузки

В качестве системы поддержки принятия решения выступают непосредственно занимающийся ОФК или тренер (рис. 2). Они составляют физкультурно-оздоровительные программы на основе полученных норм физической нагрузки и контролируют их выполнение. Полученные нормы физической нагрузки отслеживаются с

помощью смарт-часов как вовремя, так и после занятий ОФК (рис. 6). При этом, полученные нормы МЧСС является персональными и подходят только для одного человека.



Рис. 6 - Экран смарт-часов: а - МЧСС в реальном времени; б - общее время нахождения в зонах МЧСС

### Выводы

Таким образом, в рамках методологии нормирования физической нагрузки занимающихся ОФК совокупность суточных измерений частоты сердечных сокращений рассматривается как система состояний организма человека. Данное решение необходимо при определении персонализированных норм физической нагрузки на основе суточных данных пульса, полученных с помощью носимых устройств. Предложенная система состояний организма человека создает предпосылки для определения персонализированных норм физической нагрузки

и разработки эффективных физкультурно-оздоровительных программ для занимающихся оздоровительной физической культурой.

### Конфликт интересов

Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

### Библиографический список

- Амосов, Н.М. Бендет, Я.А. Физическая активность и сердце. Киев : Здоровье, 1984. 228 с.
- Белякова, М.Ю. Применение цифровых и информационных технологий в сфере физической культуры и спорта / М.Ю. Белякова, А.Д. Дьяконов // Экономика и управление в спорте. – 2021. – Том 1. – № 3. – С. 133–148.
- Гнатюк, В.И. Закон оптимального построения техноценозов : Монография. – 4-е изд., стер. – М. ; Берлин : Директ-Медиа, 2019. 476 с.
- Зайцев, А.А. Физическая культура взрослого человека. – Калининград : Министерство здравоохранения Калининградской области, 2007. – 36 с.

5. Ковалёв, А.А. К проблеме физического развития и функционального состояния курсантов посредством персонализации при дозировании двигательной активности / А.А. Ковалёв, Т.Д. Шайхуллин, В.В. Ерофеев, И.С. Беретников, А.Н. Ларин // Учёные записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2023. – № 7. – С. 178-181.
6. Ковалёв, А.А. Оптимизация психофизической подготовки спортсменов по спортивному ориентированию с использованием современных технологий / А.А. Зайцев, А.Ю. Фарафонов, А.А. Ковалёв. Барнаул : Алтайский государственный университет, 2022. – 236 с.
7. Шейнин, А.А., Геллер, Б.Л. Принцип оптимальной комбинации элементов для систем различного типа // Балтийский морской форум : Материалы IX Международного Балтийского морского форума : в 6 т. Т. 6. Калининград : Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота Калининградского государственного технического университета, 2021. – С. 215-218.
8. Ковалёв, А.А. Разработка индекса оптимальной физической активности для морских специалистов / Ковалёв А.А., Гнатюк В.И., Кивчун О.Р., Зайцев А.А. // Морские интеллектуальные технологии. – 2022. – № 4-3 (58). – С. 100-104.
9. Кудрин, Б.И. Введение в технетику. – Томск: Изд-во ТГУ, 1993. – 552 с.
10. Стеценко, Н.В. Цифровизация в сфере физической культуры и спорта: состояние вопроса / Н.В. Стеценко, Е.А. Широбакина // Наука и спорт: современные тенденции. – 2019. – Т. 22. – № 1 (22). – С. 35-40.
11. Wang, F. Evaluating the Validity of Current Mainstream Wearable Devices in Fitness Tracking Under Various Physical Activities: Comparative Study / Fei Wang, Xiaoyan Wang, Andri Henriksen, Johan Goris, Anjum Khurshid, and Maria Asuncion // Vicente JMIR Mhealth Uhealth. 2018. – № 6. – P. 94.
12. Wisluff, U. Personalized Activity Intelligence (PAI) for Prevention of Cardiovascular Disease and Promotion of Physical Activity / Bjarne M. Nes, Christian R. Gutvik, Carl J. Lavie, Javaid Nauman, Ulrik Wisluff // The American Journal of Medicine. 2017. – № 130. – P. 328-336.

#### References

1. Amosov, N. M., Bendet, Ya. A. Physical activity and heart. Kyiv, Zdorovye publ., 1984. 228 p.
2. Belyakova, M. Yu., Diakonov, A. D. Application of digital and information technologies in the sphere of physical culture and sport. Economics and management in sport. 2021. Vol. 1. № 3, pp. 133-148.
3. Gnatiuk, V. I. Law of optimal construction of technocenoses : Monograph. 4<sup>th</sup> ed., stereotype. Moscow : Berlin, Direct-Media publ., 2019. 476 p.
4. Zaitsev, A. A. Physical culture of an adult. Kaliningrad, Ministry of Health of the Kaliningrad region publ., 2007. 36 p.
5. Kovalev, A. A., Shaykhullin, T. D., Erofeev, V. V., Veretennikov, I. S., Larin, A. N. To the problem of physical development and functional state of cadets by means of personalization at dosing of motor activity. Scientific Notes of P. F. Lesgaft University. 2023. № 7, pp. 178-181.
6. Kovalev, A. A., Farafonov, A. Yu., Kovalyov, A. A. Optimization of psychophysical training of sportsmen on sports orienteering with the use of modern technologies. Barnaul, Altai State University publ., 2022. 236 p.
7. Sheinin, A. A., Geller, B. L. The principle of optimal combination of elements for systems of different type. Baltic Marine Forum. Materials of IX International Baltic Marine Forum: in 6 vol. Vol. 6. Kaliningrad, Baltic State Academy of Fishing Fleet of Kaliningrad State Technical University publ., 2021, pp. 215-218.
8. Kovalev, A. A., Gnatiuk, V. I., Kivchun, O. R., Zaitsev, A. A. Development of the optimal physical activity index for marine specialists. Marine intellectual technologies. 2022. № 4-3 (58), pp. 100-104.
9. Kudrin, B. I. Introduction to the technetics. Tomsk, National Research Tomsk State University publ., 1993. 552 p.
10. Stetsenko, N. V., Shirobakina, E. A. Digitalization in the sphere of physical culture and sport: the state of the issue. Science and sport: modern trends. 2019. Vol. 22. № 1 (22), pp. 35-40.
11. Wang, F., Wang, X., Henriksen, A., Goris, J., Khurshid, A., Asuncion, M. Evaluating the Validity of Current Mainstream Wearable Devices in Fitness Tracking Under Various Physical Activities: Comparative Study. Vicente JMIR Mhealth Uhealth. 2018. № 6, p. 94.
12. Nes, B. M., Gutvik, C. R., Lavie, C. J., Nauman, J., Wisluff, U. Personalized Activity Intelligence (PAI) for Prevention of Cardiovascular Disease and Promotion of Physical Activity. The American Journal of Medicine. 2017. № 130, pp. 328-336.

Поступила в редакцию 30.01.2024

Подписана в печать 28.03.2024

Original article  
UDC 796.015.62  
DOI: 10.47438/1999-3455\_2024\_1\_378

## DAILY HEART RATE MEASUREMENTS AS A SYSTEM OF HUMAN BODY STATES

Alexander A. Kovalev

*Immanuel Kant Baltic Federal University  
Kaliningrad, Russia*

---

*PhD in Engineering, Head of Scientific and Technical Development Group,  
Associate Professor of the Higher School of Physical Education and Sports  
ph.: +7(952)795-37-39, e-mail: sheynin@mail.ru  
ORCID 0000-0002-3052-1360*

---

**Abstract.** In the framework of the methodology of rationing the physical activity of recreational physical activity practitioners, the totality of daily measurements of their heart rate is considered as a system of human body states. This solution is necessary when determining personalized norms of physical activity based on daily heart rate data obtained with wearable devices. The problem of physical activity rationing has two contradictions: mass distribution of wearable technologies and insufficient use of their functionality to solve the problems of rationing of health-improving physical activity; increasing the efficiency of health-improving activities and the lack of modern technologies for determining personalized norms. To solve the problem of personalized norms, it is proposed to apply the theory of rank analysis, which is promising in the study of daily non-Gaussian heart rate data obtained using wearable devices. The technology of physical activity rationing consists of the stages of preparation, data collection and processing, and development of proposals. Based on the results of the technology, personalized values of physical activity norms for three levels of training (initial, intermediate, advanced) are determined on the basis of lower, upper limits and training potential. The resulting recommendations can be used as personalized physical activity norms and updated if necessary (monthly, quarterly or yearly). Physical activity norms can be monitored using a smartwatch both during and after exercise. At the same time, the obtained heart rate norms are personalized and suitable only for one person. Thus, the proposed system of human body states creates prerequisites for determining personalized norms of physical activity and developing effective physical fitness programs for those engaged in health-improving physical culture.

**Keywords:** recreational physical training; physical activity rationing, pulse; heart rate; wearable devices.

**Cite as:** Kovalev, A. A. (2024) Daily heart rate measurements as a system of human body states. *Physical Culture and Health*. (1), 378-384. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.47438/1999-3455\_2024\_1\_378.

Received 30.01.2024  
Accepted 28.03.2024