

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМ ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ОСНОВЕ РАНГОВОГО АНАЛИЗА

А. А. Ковалёв

Балтийский федеральный университет имени И. Канта, Калининград, Россия

Автор рассматривает методологию определения норм физической нагрузки занимающихся оздоровительной физической культурой на основе рангового анализа. Для определения персонализированных норм физической нагрузки предлагается применять инструментальный рангового анализа, так как суточные данные пульса, полученные с помощью носимых устройств, являются негауссовыми. Полученные персонализированные нормы позволяют нормировать физическую нагрузку занимающихся оздоровительной физической культурой и тем самым повышают эффективность занятий.

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

Актуальность. 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 качестве одной из приоритетных национальных целей развития Российской Федерации [7]. Однако, несмотря на бурное развитие и массовое распространение

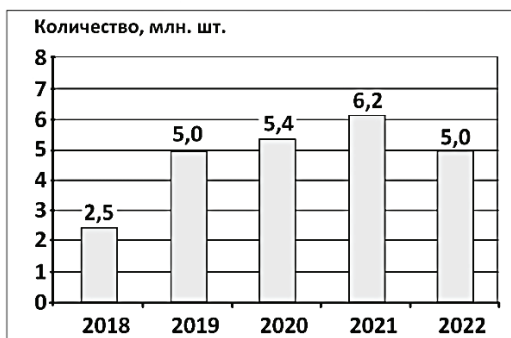
цифровых носимых устройств (рис. 1) с функцией постоянного мониторинга пульса с достаточной точностью, большинство методов и подходов нормирования физической нагрузки не учитывают данные всей суточной активности [4; 5].

При этом в ОФК подчёркивается важность определения персонализированных норм физической нагрузки, так как именно нормирование обеспечивает оздоровительный эффект нагрузки занимающегося физической культурой, с одной

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

стороны, и эффективность тренировок, с другой. Персонализированные нормы оздоровительной физической нагрузки способствуют эффективным тренировкам, тогда как недостаточная норма не приносит ожидаемого эффекта, а избыточная оказывает отрицательное воздействие [1; 3–5]. Поэтому актуальна необходимость в персонализированном нормировании физических нагрузок занимающегося ОФК.

Цель и задачи исследования — теоретическое и экспериментальное обоснование методологии определения норм физических нагрузок на основе теории рангового анализа для повышения эффективности занятий оздоровительной направленности.

Методы исследования. Теоретический анализ, обобщение данных научных публикаций, статистический и ранговый анализ.

Результаты и обсуждение. При определении персонализированных норм физической нагрузки для занимающихся ОФК следует учитывать функциональные возможности их организма. На практике частота сердечных сокращений (ЧСС) является наиболее распространённым показателем реакции организма на физическую нагрузку [4–10]. «Умные» часы (фитнес-браслеты) позволяют собирать данные ЧСС в течение суток (как правило, с помощью оптического датчика методом плетизмографии) [4–10]. В связи с цифровизацией предлагается уточнённое понятие ЧСС — минутная частота сердечных сокращений (МЧСС) — это один отсчёт 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 (уд. за мин.). При этом суточная совокупность минутных отсчётов частоты сердечных сокращений — это 1 440 отсчётов МЧСС за сутки человека в процессе его жизнедеятельности. Имея информацию о всей суточной двигательной активности занимающегося — всей совокупности МЧСС за сутки, можно определить его персонализированные нормы физической нагрузки. Для этого требуется разработка методологии нормирования физической нагрузки в оздоровительной физической культуре на основе цифровых данных МЧСС.

Проблема персонализации норм физической нагрузки в ОФК 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.

Данные противоречия учитываются в рамках методологии и технологии нормирования физической нагрузки [4; 5; 8], предполагающей применение теории рангового анализа [2; 6]. Анализ суточных данных ЧСС показал, что они относятся к виду негауссовых данных (также существуют невязанные 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 [2; 6]. Поэтому представляется перспективным использование инструментария рангового анализа в теории ОФК с целью исследования совокупности данных МЧСС и дальнейшего определения норм физической нагрузки для занимающихся ОФК [4; 5; 8]. Определение персонализированных норм осуществляется в рамках методологии нормирования в четыре этапа (рис. 2).

На первом, подготовительном этапе осуществляются подготовка занимающегося ОФК, контрольные замеры в виде различных тестов, выбор часов с оптическим датчиком измерения пульса. В качестве примера занимающегося ОФК рассмотрен мужчина 35 лет (офисный работник с тренировками 3–4 раза в неделю). Значение максимального показателя ЧСС — 185 ударов в минуту было получено по формуле « $220 - \text{возраст}$ » [1; 3; 8].

На этапе сбора данных с помощью «умных часов» осуществляется суточное измерение МЧСС в течение четырёх дней. Сбор данных МЧСС рекомендуется осуществлять в том числе и в дни повседневной активности занимающегося: во время сна, работы, тренировки, в душе и т. д. Некорректно собирать данные, например, в дни отпуска, каникул или выходных. Далее данные с часов за исследуемый период выгружаются на сайт производителя носимого устройства (рис. 3).

Далее формируется база данных по МЧСС за определённый период: данные ЧСС скачиваются на компьютер и копируются в файл формата XLSX (файл MS Excel). В каждых суточных измерениях соответственно 1 440 МЧСС от 00:00 до 23:59.



Рис. 2. Этапы методологии нормирования физической нагрузки

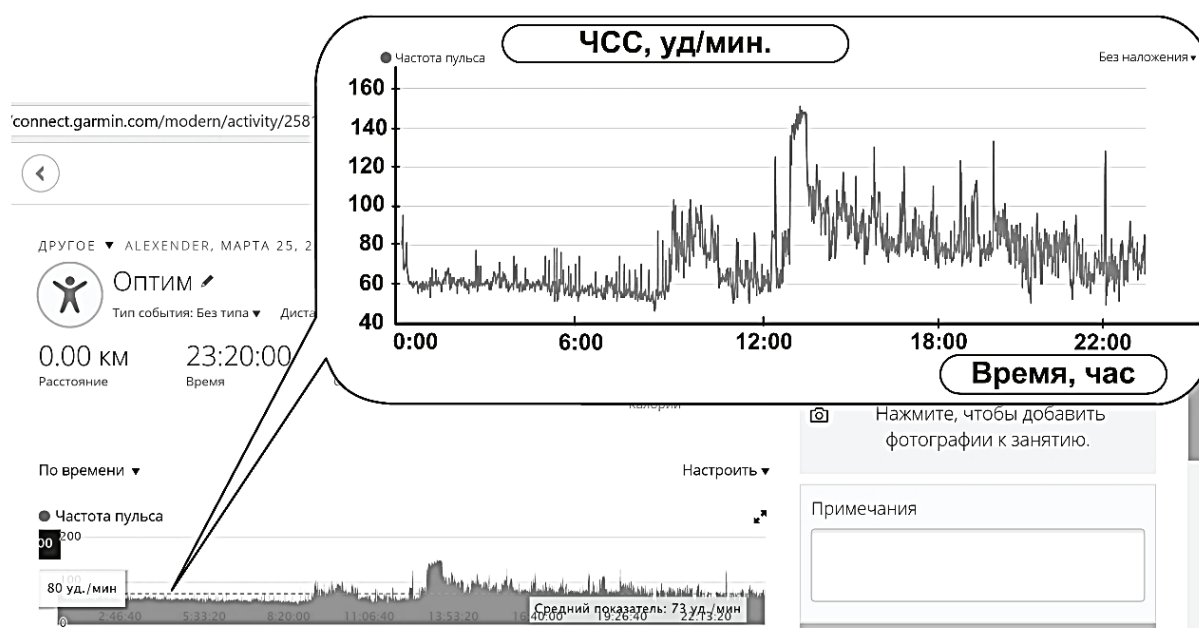


Рис. 3. Сайт производителя «умных часов»

На этапе обработки данных (см. рис. 2) решаются задачи рангового анализа: ранжирование и аппроксимация экспериментальных суточных данных МЧСС. Ранжированные данные МЧСС разделяются на группы в зависимости от дней: когда была тренировочная активность; дней, когда она отсутствовала, и всех дней (с тренировками и без). И далее все значения МЧСС в трёх группах усредняются. Далее происходит аппроксимация средних значений всех трёх групп: подбирается аналитическая зависимость, наилучшим обра-

зом описывающая совокупность точек каждой из трёх групп.

В завершение для определения тренировочного потенциала на одном графике осуществляется построение верхней и нижней границ. Нижняя граница тренировочного потенциала определяется как аппроксимационная кривая средних значений дней без тренировок, а верхняя — с тренировками (рис. 4).

По результатам четвёртого этапа на основе нижней, верхней границ и тренировочного потенциала определяются персонализированные значения

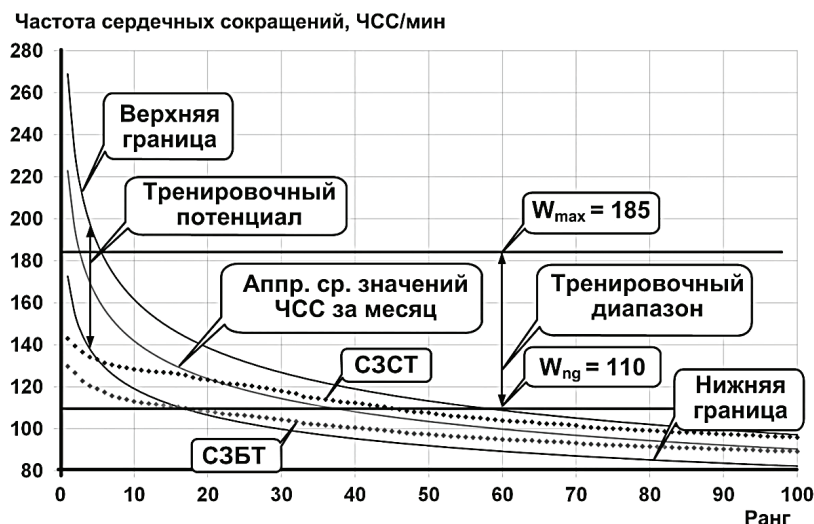


Рис. 4. Тренировочный потенциал (фрагмент с 1 по 100 ранг из 1440): СЗБТ — средние значения МЧСС дней без тренировок; СЗСТ — средние значения МЧСС дней с тренировками

| 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

норм физической нагрузки для трёх уровней подготовки (рис. 5).

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

Нормы интенсивности и объёма (см. рис. 5) на каждом уровне подготовки соответствую-

ют значениям МЧСС нижней, средней и верхней границ (см. рис. 4).

Полученные нормы физической нагрузки могут отслеживаться с помощью смарт-часов как во время, так и после занятий ОФК (рис. 6). При этом полученные нормы МЧСС являются персональными и подходят только для одного человека.

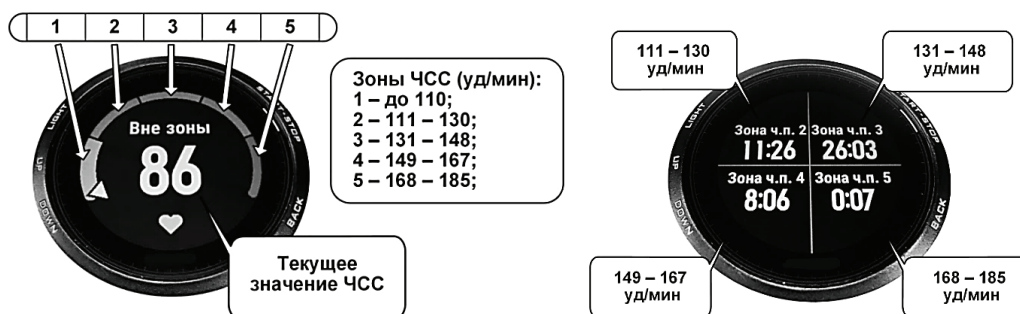


Рис. 6. Экран смарт-часов: слева — МЧСС в реальном времени; справа — общее время нахождения в зонах МЧСС

Заключение. Методология нормирования физической нагрузки позволяет определять для занимающихся ОФК персонализированные нормы физической нагрузки, что позволит повысить эффективность занятий оздоровительной направленности. В методологии применяется теория рангового анализа, которая учитывает негауссовость суточных данных МЧСС, полученных с помощью цифровых носимых устройств. Этапы методологии являются необходимыми и достаточными для составления эффективных физкультурно-оздоровительных программ для занимающихся ОФК.

Список литературы

1. Амосов, Н. М. Физическая активность и сердце / Н. М. Амосов, Я. А. Бендет. — Киев : Здоровье, 1984. — 228 с.
2. Гнатюк, В. И. Закон оптимального построения техноценозов : монография / В. И. Гнатюк. — Калининград, 2019. — 896 с.
3. Зайцев, А. А. Физическая культура взрослого человека / А. А. Зайцев. — Калининград : Министерство здравоохранения Калининградской области, 2007. — 36 с.
4. Ковалёв, А. А. К проблеме физического развития и функционального состояния курсантов посредством персонализации при дозировании двигательной активности / А. А. Ковалёв, Т. Д. Шайхул-

лин, В. В. Ерофеев, И. С. Веретенников, А. Н. Ларин // Учёные записки университета им. П. Ф. Лесгафта. — 2023. — № 7. — С. 178–181.

5. Ковалёв, А. А. Оптимизация психофизической подготовки спортсменов по спортивному ориентированию с использованием современных технологий / А. А. Ковалёв, А. А. Зайцев, А. Ю. Фарафонов. — Барнаул : Алтайский государственный университет, 2022. — 236 с.
6. Кудрин, Б. И. Введение в технетику / Б. И. Кудрин. — Томск : Изд-во ТГУ, 1993. — 552 с.
7. 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.
8. Instrumental control of functional indicators in students with health deviation / I. Bocharin, M. Guryanov, E. Romanova [et al.] // Journal of Physical Education and Sport. — 2023. — Vol. 23, no. 5. — P. 1096–1102.
9. Xie J., Wen D., Liang L., Jia Y., Gao L., Lei J. Evaluating the Validity of Current Mainstream Wearable Devices in Fitness Tracking Under Various Physical Activities: Comparative Study // JMIR Mhealth Uhealth. — 2018. — Vol. 6, iss. 4. P. e94.
10. Personalized Activity Intelligence (PAI) for Prevention of Cardiovascular Disease and Promotion of Physical Activity / Nes, Bjarne M. et al. // The American Journal of Medicine. — Vol. 130, iss. 3. P. 328–336.

Поступила в редакцию 11 января 2024 г.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ковалёв, А. А. Определение норм оздоровительной физической нагрузки на основе теории рангового анализа / А. А. Ковалёв // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. — 2024. — Т. 9, № 2. — С. 92–97. DOI 10.47475/2500-0365-2024-9-2-92-97.

Сведения об авторе

Ковалёв Александр Анатольевич — кандидат технических наук, руководитель группы научно-технического развития, доцент Высшей школы физической культуры и спорта, Балтийский федеральный университет имени И. Канта. Калининград, Россия. **ORCID:** 0000-0002-3052-1360. **SPIN-код:** 1784-1022. **Author ID:** 1066280. **E-mail:** sheynin@mail.ru

PHYSICAL CULTURE. SPORT. TOURISM. MOTOR RECREATION 2024, vol. 9, no. 2, pp. 92–97.

Determination of Norms of Recreational Physical Activity on the Basis of Ranking Analysis

Kovalev A.A.

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia. sheynin@mail.ru

The author considers the methodology of determining the norms of physical activity of recreational physical training practitioners on the basis of rank analysis. For determination of personalized norms of physical activity it is proposed to use the tools of rank analysis, as daily heart rate data obtained with the help of wearable devices are non-Gaussian. The obtained personalized norms allow to normalize the physical load of recreational physical training and thereby increase the efficiency of exercise.

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

References

1. Amosov N.M., Bendet Y.A. Fizicheskaya aktivnost i serdce [Physical activity and heart]. Kiev, 1984. 228 p. (In Russ.).
2. Gnatiuk V.I. Zakon optimalnogo postroeniya tehnocenzov [Law of optimal construction of technoceneses]. Kaliningrad, 2019. 896 p. (In Russ.).
3. Zaitsev A.A. Fizicheskaya kultura vzroslogo cheloveka [Physical culture of an adult]. Kaliningrad, 2007. 36 p. (In Russ.).
4. Kovalyov A.A., Shaykhullin T.D., Erofeev V.V., Veretennikov I.S. Larin A.N. K probleme fizicheskogo razvitiya i funktsionalnogo sostoyaniya kursantov posredstvom personifikatsii pri dozirovanii dvigatelnoy aktivnosti [On the problem of physical development and functional condition of cadets through personification in the dosing of motor activity]. *Uchenye zapiski universiteta im. P. F. Lesgafta* [Scientific Notes of P. F. Lesgaft University], 2023, no. 7, pp. 178–181. (In Russ.).
5. Kovalev A.A., Zaitsev A.A., Farafonov A.Yu. Optimizatsiya psihofizicheskoy podgotovki sportsmenov po sportivnomu orientirovaniyu s ispolzovaniem sovremennykh tehnologij [Optimization of psychophysical training of sportsmen in sports orienteering with the use of modern technologies]. Barnaul, 2022. 236 p. (In Russ.).
6. Kudrin B.I. Vvedenie v tehnetiku [Introduction to Technetics]. Tomsk, 1993. 552 p. (In Russ.).
7. Stetsenko N.V., Shirobakina E.A. Cifrovizatsiya v sfere fizicheskoy kultury i sporta: sostoyanie voprosa [Digitalization in the sphere of physical culture and sport: the state of the issue]. *Nauka i sport: sovremennye tendentsii* [Science and sport: modern trends], 2019, vol. 22, no. 1 (22), pp. 35–40. (In Russ.).
8. Bocharin I., Guryanov M., Romanova E. et al. Instrumental control of functional indicators in students with health deviation. *Journal of Physical Education and Sport*. 2023. vol. 23, no. 5, pp. 1096–1102.
9. Xie J., Wen D., Liang L., Jia Y., Gao L., Lei J. Evaluating the Validity of Current Mainstream Wearable Devices in Fitness Tracking Under Various Physical Activities: Comparative Study. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2018, vol. 6, iss. 4, pp. e94.
10. Personalized Activity Intelligence (PAI) for Prevention of Cardiovascular Disease and Promotion of Physical Activity. Nes, Bjarne M. et al. *The American Journal of Medicine*, vol. 130, iss. 3, pp. 328–336.



Это произведение доступно по лицензии Creative Commons «Attribution-NonCommercial» («Атрибуция — Некоммерческое использование») 4.0 Всемирная — <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>