

Федеральное медико-биологическое агентство

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-КЛИНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ
МЕДИЦИНЫ ФЕДЕРАЛЬНОГО МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА»**

(ФГБУ ФНКЦ ФХМ ФМБА России)

Группа 16. Требования к средствам информатизации в здравоохранении

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВИЖЕНИЙ В СПОРТЕ ВЫСШИХ
ДОСТИЖЕНИЙ**

Методические рекомендации

МР ФМБА России _____ - 2020

Издание официальное

Москва 2020

Предисловие

1. Методические рекомендации разработаны в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины Федерального медико-биологического агентства» (ФГБУ ФНКЦ ФХМ ФМБА России).

Генеральный директор – доктор биологических наук, профессор, академик РАН
Говорун В.М.

Заместитель генерального директора по научной работе – доктор биологических наук, профессор РАН, член-корреспондент РАН Ильина Е.Н.

2. Исполнители: аналитик научно-организационного отдела кандидат химических наук
Гудков Д.А.

3. Введение в действие – с момента утверждения.

4. Введены впервые.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	
Ошибка! Закладка не определена.	
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ	Ошибка! Закладка не определена.
1 Инструкция по использованию оборудования и программного обеспечения для оценки эффективности движений в спорте высших достижений	Ошибка! Закладка не определена.
1.1 Вариант 1 использования оборудования и программного обеспечения для оценки эффективности движений в спорте высших достижений	Ошибка! Закладка не определена.
1.2 Вариант 2 использования оборудования и программного обеспечения для оценки эффективности движений в спорте высших достижений	Ошибка! Закладка не определена.
2 Использование облачного сервиса	Ошибка! Закладка не определена.
2.1 Использование облачного сервиса.....	Ошибка! Закладка не определена.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	20
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	21

ВВЕДЕНИЕ

Основанием для проведения работы является государственный контракт №17.003.20.14 на период с 17 июня по 01 ноября 2020 года.

Исследование выполняется для реализации функций и полномочий Федерального медико-биологического агентства по выполнению научных исследований в области спортивной медицины в рамках ведомственной целевой программы «Медико-биологическое обеспечение спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации».

Цель исследования по НИР: Разработка адаптивной системы оценки эффективности движений в спорте высших достижений с обратной связью на основе экспертно-цифровой модели.

В настоящее время для обеспечения обратной связи реакции организма на тренировки используют:

- нагрудные (или наручные) датчики сердечного ритма (измеряют динамику пульса – степень напряжения ССС, или вариабельность сердечного ритма – показатель восстановления),
- GPS - трекеры, шагомеры,
- специальные камеры для отработки техники движений (дорогостоящее оборудование, устанавливается в спортзалах) – малодоступный метод даже для профессионалов.

В последнее время появились средства отработки точности движений на основе носимых датчиков. Наиболее важные среди них: гироскоп и акселерометр, измеряющий положение конечности или тела в пространстве.

Использование подобных систем на этапе становления техники движений позволит повысить эффективность тренировочного процесса, снизить зависимость спортсмена от внимания тренера.

Полученные результаты будут иметь значимый социально-экономический эффект в области спорта высших достижений за счёт внедрения адаптивной системы оценки эффективности движений в спорт высших достижений.

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель руководителя
Федерального медико-
биологического агентства

_____ Т.В. Яковлева

« ____ » _____ 2020 г.

Система стандартизации в здравоохранении Российской Федерации
Группа 16. Требования к средствам информатизации в здравоохранении

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВИЖЕНИЙ В СПОРТЕ ВЫСШИХ ДОСТИЖЕНИЙ

Методические рекомендации
МР ФМБА России _____ -2020

1. Область применения

1. Методические рекомендации «По использованию адаптивной системы оценки эффективности движений в спорте высших достижений» распространяются на применение в спорте высших достижений адаптивной системы оценки эффективности движений на основе носимых датчиков.
2. В документе устанавливаются порядок и правила пользования адаптивной системой.
3. Методические рекомендации предназначены для использования в работе по медико-биологическому обеспечению спортсменов сборных команд Российской Федерации.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящих методических рекомендациях применяют следующие определения, обозначения и сокращения:

ЧСС – частота сердечных сокращений.

GPS - «Global Positioning System» - глобальная система позиционирования.

iOS - операционная система корпорации Apple, устанавливаемая ею на мобильные телефоны iPhone, планшеты iPad.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1 Инструкция по использованию оборудования и программного обеспечения для оценки эффективности движений в спорте высших достижений

1.1 Вариант использования оборудования и программного обеспечения для оценки эффективности движений в спорте высших достижений

В работе были использованы датчики движения Notch (США) (рисунок 1) со следующими характеристиками:

- Сенсор: гироскоп: ± 250 , ± 500 , ± 1000 , ± 2000 , ± 4000 dps, акселерометр: ± 2 , ± 4 , ± 8 , ± 16 , ± 32 g, магнитометр: ± 4 / ± 8 / ± 12 / ± 16 gauss, частота передачи: 10Hz, 20Hz, 40Hz, 50Hz, 100Hz, 125Hz, 200Hz, 333Hz, 500Hz,
- Объём памяти: 50 Гц – 130 мин, 500 Гц – 13 мин,
- Связь: Bluetooth Low-Energy: от 40 Гц до 500 Гц (в зависимости от количества датчиков и режима работы),
- Батарея: активный режим – до 6 часов, в режиме ожидания – до 300 часов, время зарядки – 1 час,
- Режимы работы: включен, выключен, режим обслуживания,
- Световой индикатор – двуцветный.



Рисунок 1 – Датчики, используемые в работе для оценки беговых движений спортсменов

Для записи частоты сердечного ритма были использованы датчики Polar H10 (рисунок 2) со следующими характеристиками:

- Доступные подключения: ANT+, Bluetooth Low-Energy, 5 кГц,

- Время работы: 400 часов в режиме Bluetooth Low-Energy и при включенной передаче на частоте 5 кГц,
- Тип батареи: CR 2025.



Рисунок 2 – Датчик сердечного ритма, используемый в работе.

Программное обеспечение.

Для целей захвата данных о движении спортсменов, а также записи частоты сердечных сокращений в процессе движений было разработано приложение для системы Android. В качестве модельного движения был выбран бег.

Описание работы приложения

1. Окно подключения (создания сети) и работы с датчиками движения: позволяет добавить/удалить датчик(и) к сети, удалить данные с датчиков (запись координат и ускорения происходит сначала во внутреннюю память датчиков, затем передаётся на телефон, и далее, при наличии подключения к интернет – в базу данных), произвести калибровку датчиков (необходимо проводить раз в 8 часов) (Рисунок 3а).

2. Окно подключения датчика частоты сердечного ритма: позволят подключить датчик сердечного ритма (Рисунок 3б).

3. Окно записи сессии – запускает помощник записи спортивной сессии (Рисунок 1.2.2-2а): 1. открывается окно размещения датчиков движения на теле спортсмена (Рисунок 1.2.2-2б), 2. Затем – окно ввода информации о сессии (ID сессии – создаётся системой, ID спортсмена – вводится пользователем, комментарий – опционально), 3. затем – окно записи начального положения, 4. в завершении – «начать запись» (после старта кнопка меняет назначение на «остановить запись»).

4. Окно – список сессий (Рисунок 4а): в данном окне появляются записанные сессии, их можно просмотреть (пример визуализации беговой сессии – рисунок 4б), отредактировать, удалить.

5. Окно – инструкция: в данном окне отображена инструкция пользователя (Рисунок 5).

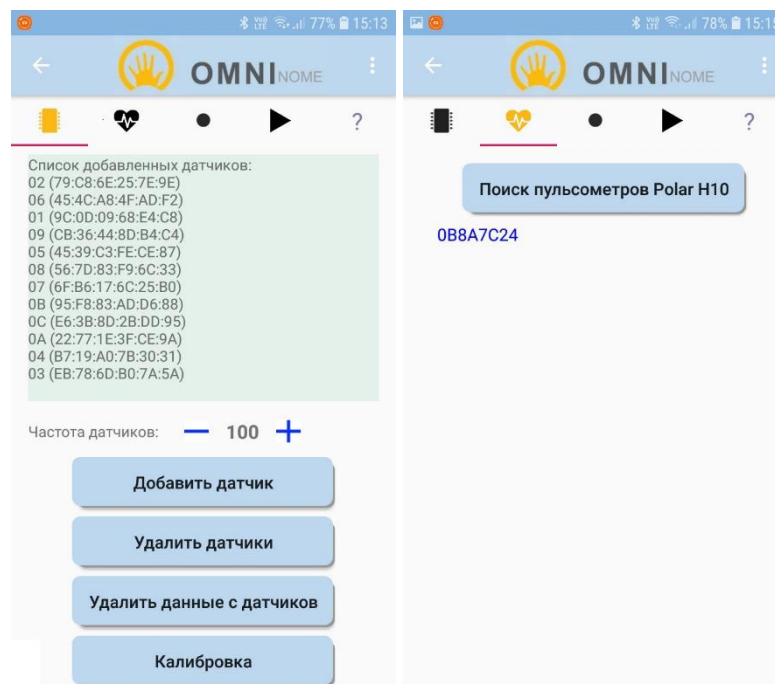


Рисунок 3 – Приложение для захвата данных движения спортсменов, а также частоты сердечного ритма: а) окно подключения и работы с датчиками движения; б) окно подключения датчика частоты сердечного ритма

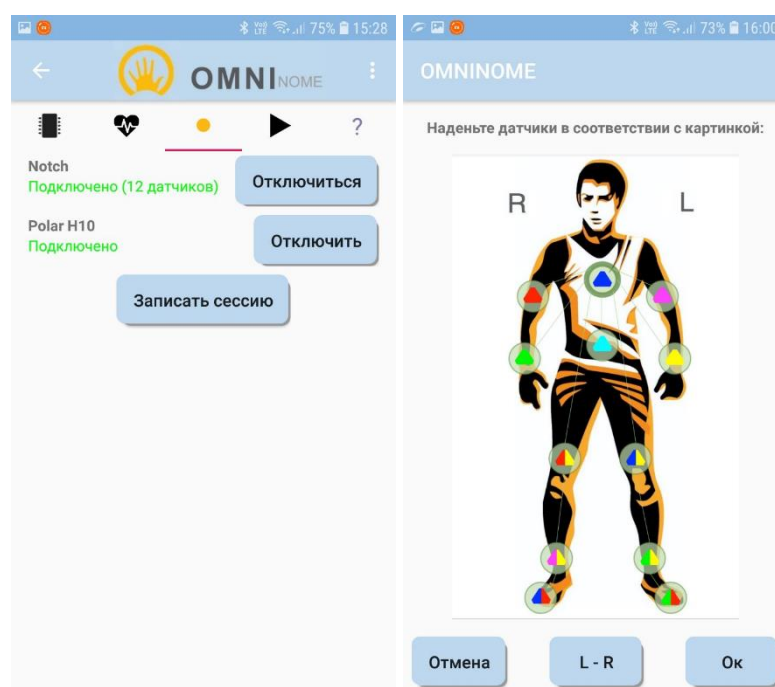


Рисунок 4 – Приложение для захвата данных движения спортсменов, а также частоты сердечного ритма: а) окно записи сессии; б) окно размещения датчиков движения на теле спортсмена

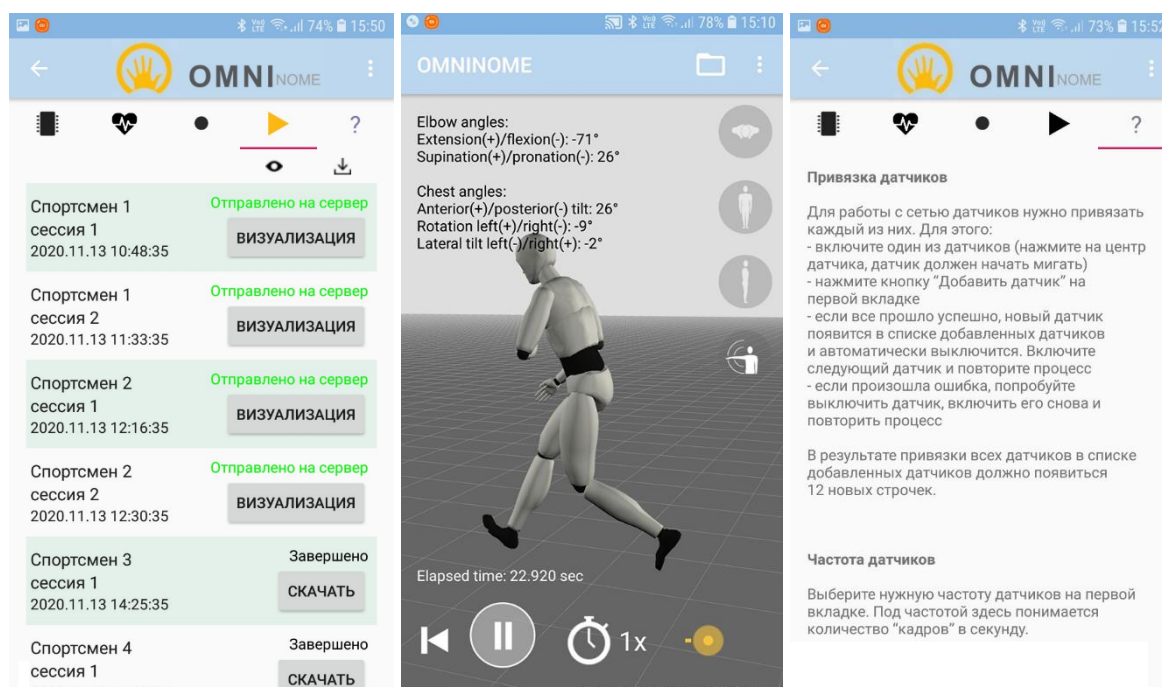


Рисунок 5 – Приложение для захвата данных движения спортсменов, а также частоты сердечного ритма: а) окно – список сессий; б) окно – пример визуализации беговой сессии; в) окно – инструкция

После загрузки данных в базу данных, их обработка станет доступна в облачном сервисе.

1.2 Вариант использования оборудования и программного обеспечения для оценки эффективности движений в спорте высших достижений

Возможно использование датчиков OMNINome (рисунок 6) и приложения для iOS.



Рисунок 6 – Датчики OMNINome

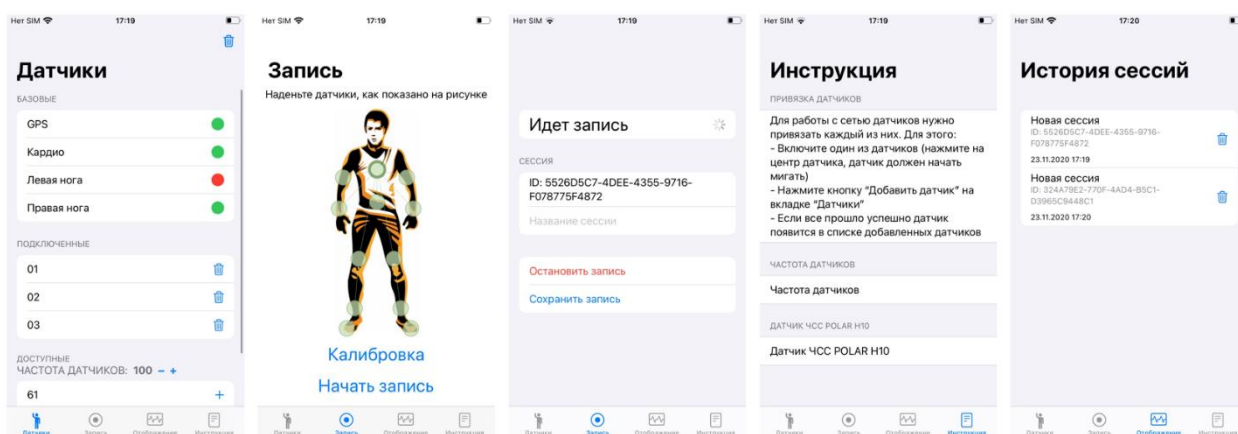


Рисунок 7 – Приложение OMNINome

После загрузки данных в базу данных, их обработка станет доступна в облачном сервисе.

Анализ полученных данных.

Анализ данных можно осуществлять вручную с использованием следующих алгоритмов.

Для анализа паттернов движений график необходимо разделить на временные фрагменты, в рамках которых определять следующие характеристики:

- Количество шагов (в минуту)

Количество шагов (в минуту) следует определять по данным, полученным с датчиков – количество контактов с землёй (провалы) левой и правой стоп – на временном интервале – 1 минута (рисунок 8).

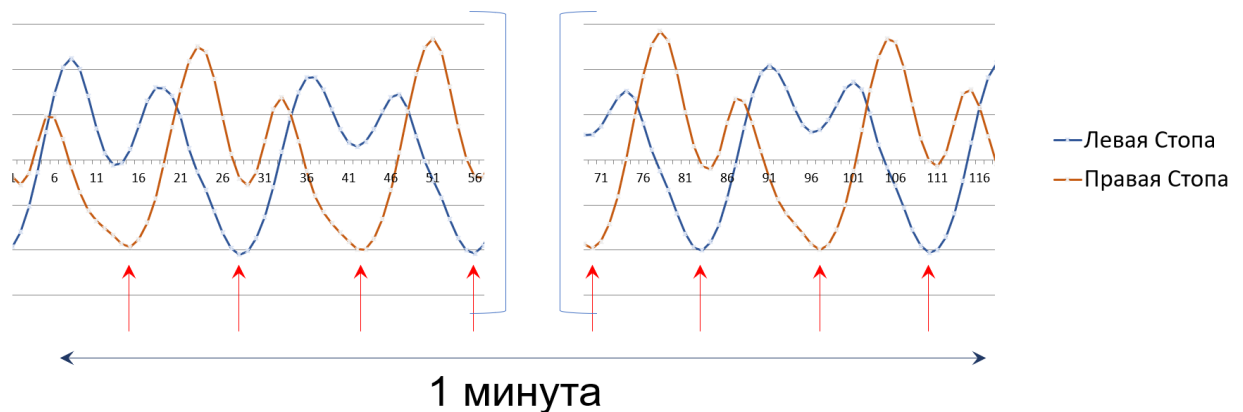


Рисунок 8 – Количество шагов (в минуту)

- Длина шага (м)

Длину (м) шага следует определять отношением пройденного расстояния (длина трассы заранее известна) к количеству шагов, сделанных на данной траектории (определяли по данным, полученным с датчиков за всё время тренировки – рисунок 8).

- Время полёта (с)

Время полёта следует определять как интервал между пиками (провалами) графиков движения ступней (левой и правой) (рисунок 9).

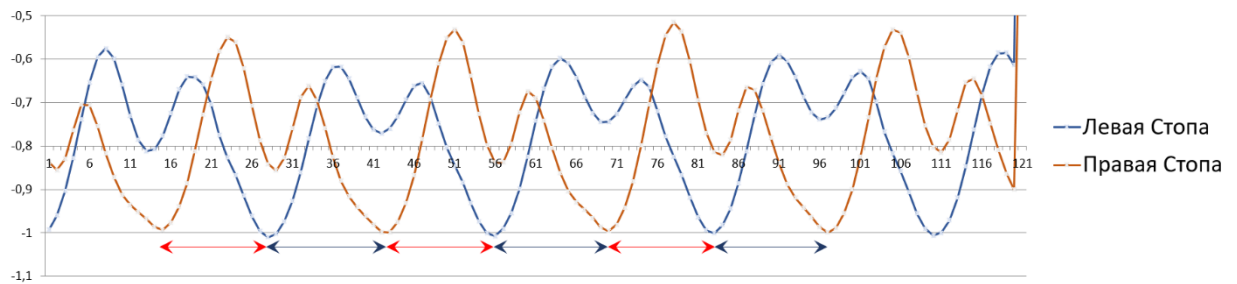


Рисунок 9 – Время полёта – разница между провалами графиков движения ступней (левой и правой), на графике отмечены стрелочками

- Средняя скорость (км/ч)

Среднюю скорость следует рассчитывать отношением пройденного расстояния (известно) на время (известно).

- Средний пульс (уд/мин)

Рассчитывается исходя из данных, полученных с датчика ЧСС.

- Мощность

Мощность оценивается по двум компонентам: горизонтальные колебания и вертикальные колебания.

Горизонтальные колебания

Мощность в каждый момент оценивается по формуле (1).

$$(1 - C_h) * m * v * a \quad (1)$$

где

m - масса спортсмена;

v - текущая горизонтальная скорость (оценивается по GPS, при наличии, или по угловой скорости голени);

a - продольная проекция линейного ускорения центра масс;

C_h – коэффициент упругости горизонтального движения (определяется примерно по калибровочным забегам).

Вертикальные колебания

Вертикальная компонента мощности оценивается по формуле (2).

$$(1 - C_v) * m * v * a \quad (2)$$

где

m - масса спортсмена;

v - текущая вертикальная скорость (оценивается по вертикальным линейным ускорениям)

a - положительная часть вертикальной проекции линейного ускорения центра масс;
 C_v – коэффициент упругости вертикального движения.

– Коэффициент симметричности движений

Коэффициент симметричности движений рассчитывается, как средняя величина отношений временных интервалов между повторяющимися пиками левой и правой соответствующих конечностей спортсмена (рисунок 10), согласно формуле(3).

$$\frac{\sum_{k=1}^n \frac{l_k}{r_k}}{n} \quad (3)$$

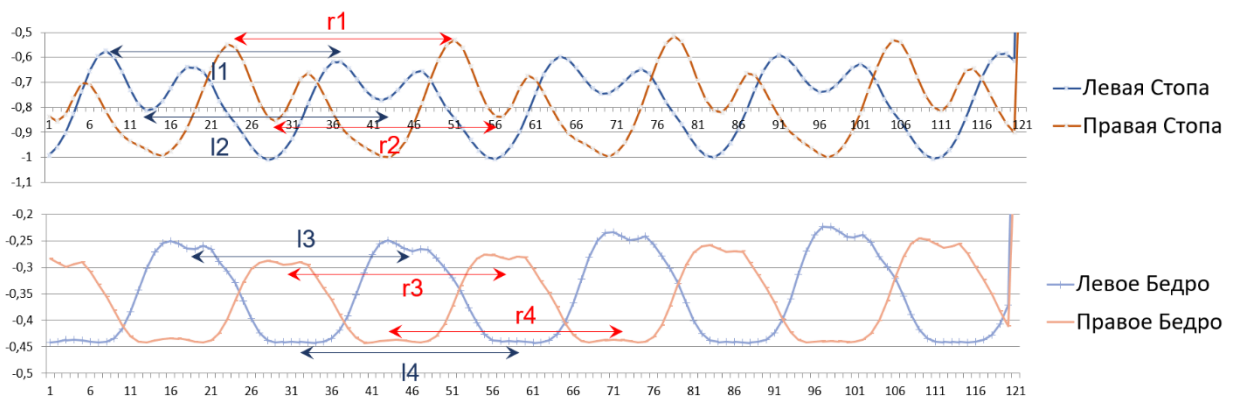


Рисунок 10 – Расчёт коэффициента симметричности движений

– Коэффициент синхронности

Коэффициент синхронности движений рассчитывается, как средняя величина временных интервалов между повторяющимися пиками левой и правой соответствующих конечностей спортсмена (рисунок 11), согласно формуле (4).

$$\frac{\sum_{k=1}^n a_k}{n} \quad (4)$$

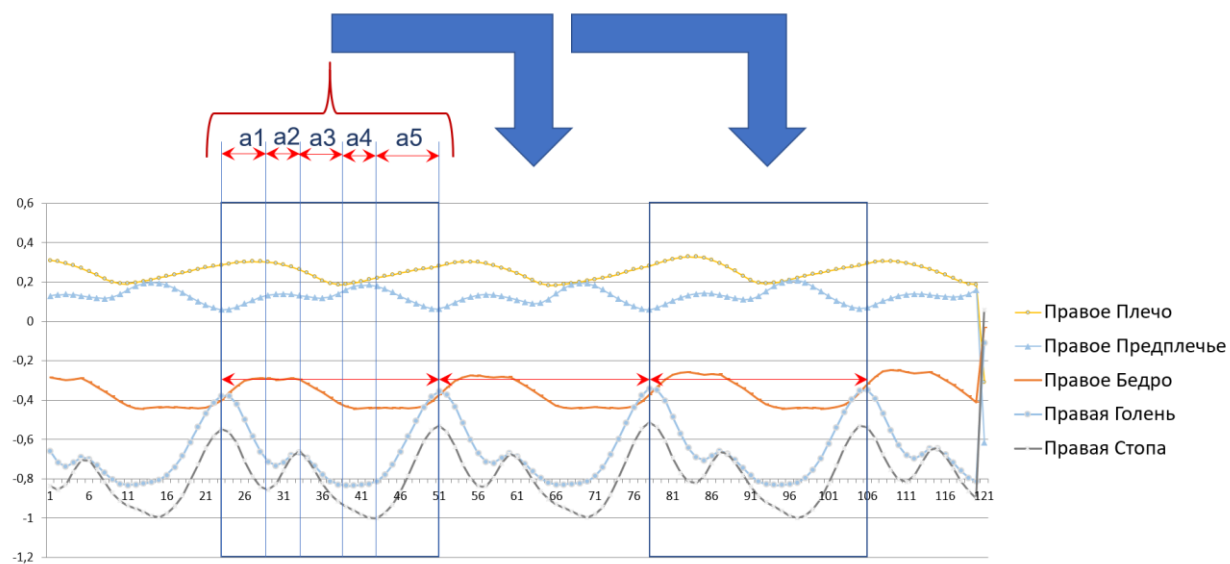


Рисунок 11 – Расчёт коэффициента синхронности движений

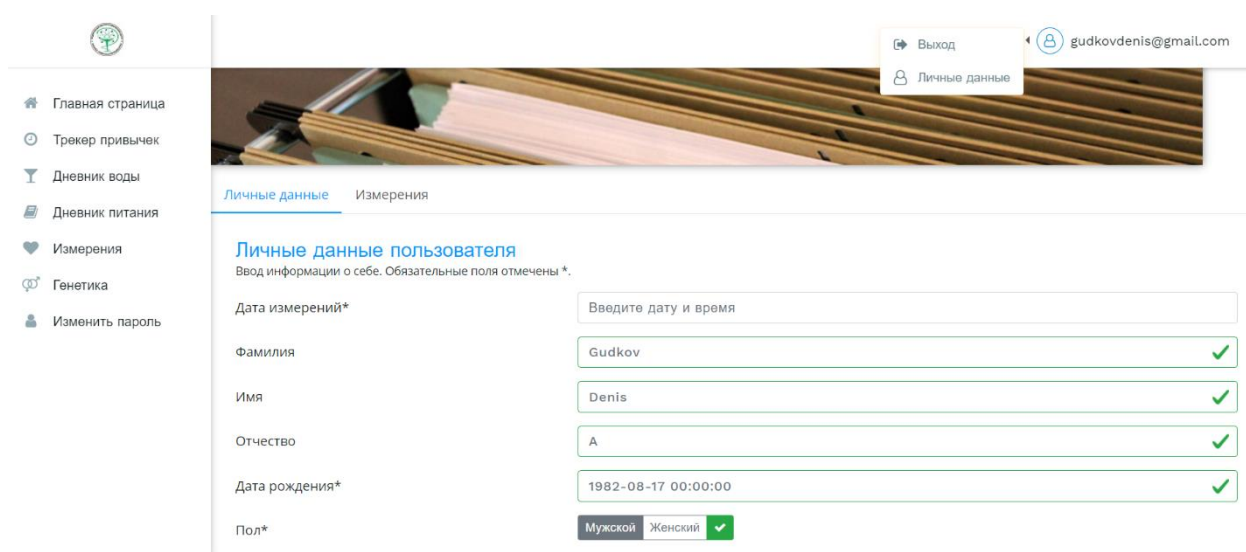
2 Использование облачного сервиса

Сервис предназначен для загрузки и визуализации результатов оценки движений спортсменов в динамике. Помимо этого, сервис предназначен для ввода и хранения следующих данных о спортсменах:

- личные данные (рисунок 12);
- измерения (антропометрия, функциональные измерения) (рисунок 13);
- дневник питания (рисунок 14)

Модуль предназначен для записи и анализа режима/ рациона питания, доступны следующие характеристики продуктов/ рационов (блюда, смесь блюд/ продуктов), в рамках которых доступно сравнение с рекомендациями Минздрава, генетическими особенностями: калории и макронутриенты, микроэлементы, пирамида питания;

- генетические особенности (рисунок 15);
- данные движений спортсменов (рисунок 16).



The screenshot displays the 'Личные данные' (Personal Data) page of a web application. The interface includes a sidebar on the left with navigation links: Главная страница, Трекер привычек, Дневник воды, Дневник питания, Измерения, Генетика, and Изменить пароль. The main content area is titled 'Личные данные пользователя' and contains a form for entering personal information. The form fields are: 'Дата измерений*' (Date of measurement), 'Фамилия' (Surname), 'Имя' (Name), 'Отчество' (Patronymic), 'Дата рождения*' (Date of birth), and 'Пол*' (Gender). Each field has a corresponding input box or dropdown menu, and a green checkmark indicates successful validation. The user's email address 'gudkovdenis@gmail.com' is visible in the top right corner.

Field	Value	Status
Дата измерений*	Введите дату и время	
Фамилия	Gudkov	✓
Имя	Denis	✓
Отчество	A	✓
Дата рождения*	1982-08-17 00:00:00	✓
Пол*	Мужской Женский	✓

Рисунок 12 – Личные данные пользователя: ПК-интерфейс, страница ввода личных данных пользователя

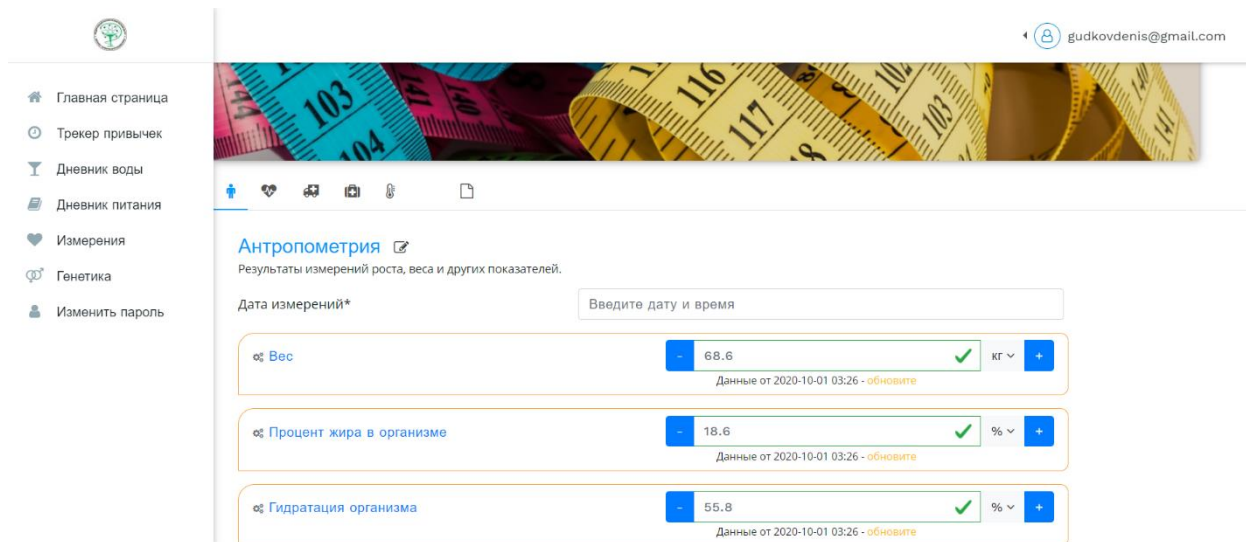


Рисунок 13 – Измерения: ПК-интерфейс, страница ввода измерений

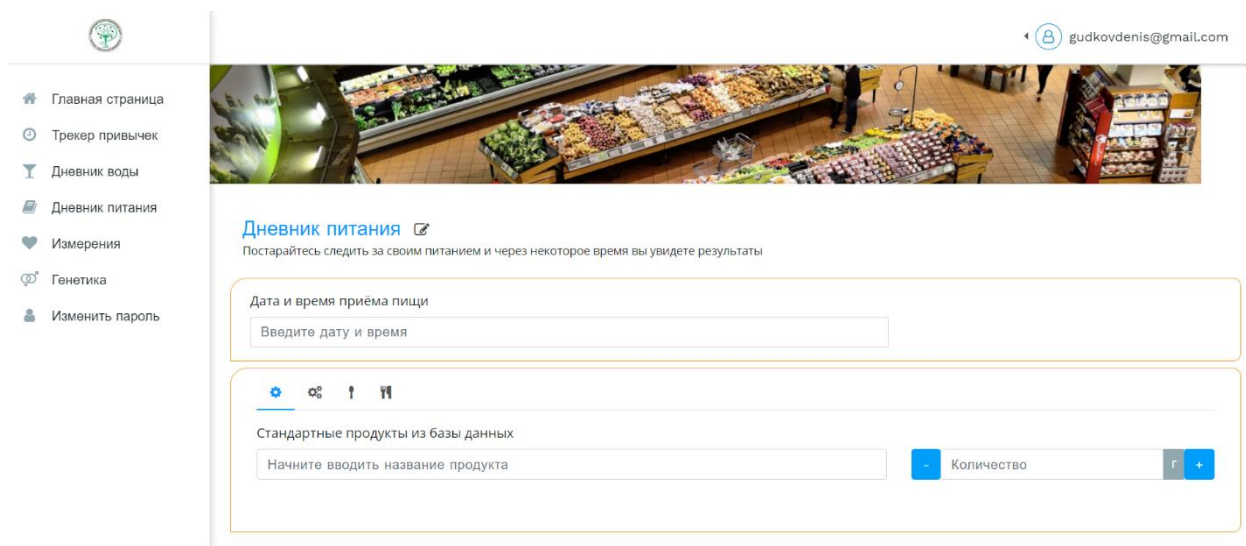


Рисунок 14 – Дневник питания: ПК-интерфейс, страница ввода данных о питании

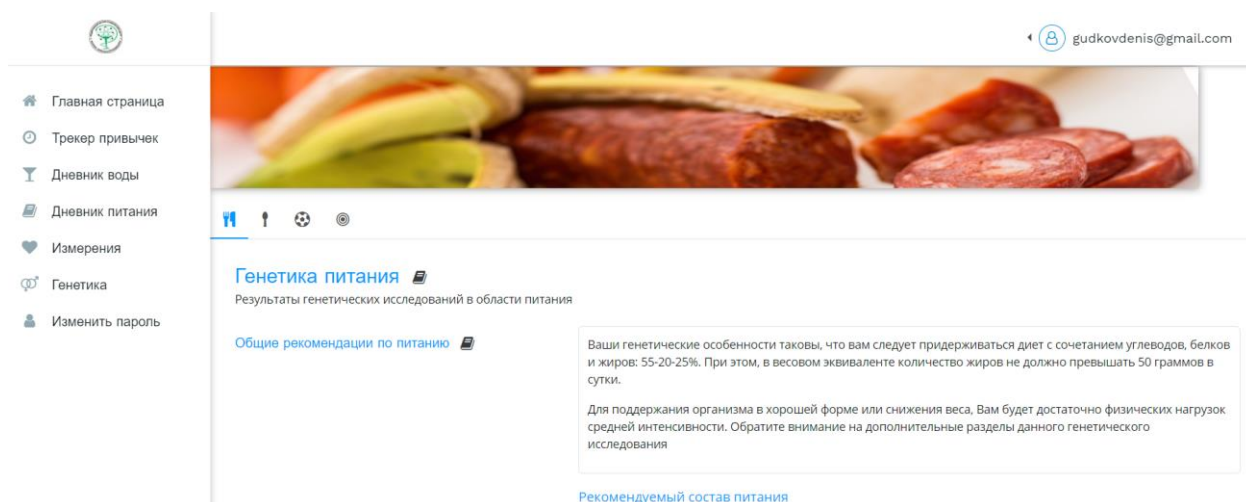


Рисунок 15 – Генетические исследования: ПК-интерфейс, страница анализа данных по генетике питания и спорта

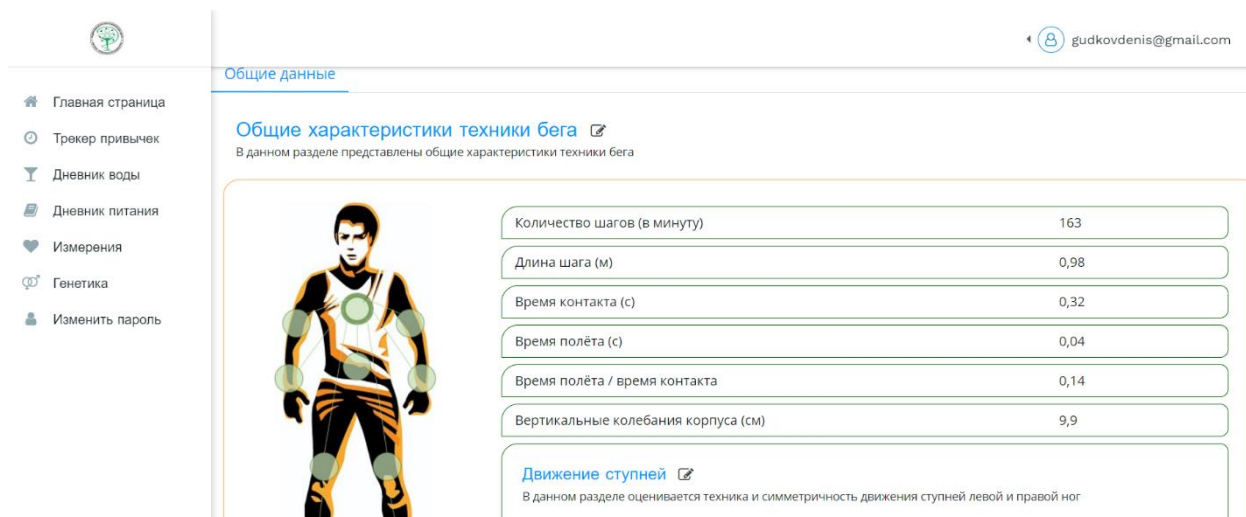


Рисунок 16 – Данные движения: ПК-интерфейс, страница анализа данных движения

2.1 Назначение и характеристики облачного сервиса

- возможность запуска: ПК – браузер, мобильные устройства;
- личный кабинет спортсмена – личные данные спортсмена, включая записи антропометрии;
- схематическое изображение спортсмена и расположения датчиков (предназначено для правильного расположения датчиков на теле спортсмена);
- визуализация паттернов движений в динамике;
- отображение мощности в динамике;
- отображения данных метаболомного анализа в динамике;
- формирование отчётов в виде pdf;
- отображение данных генетических предрасположенностей спортсменов;
- данные о питании спортсменов (для анализа состава принимаемой пищи (КБЖУ), состава продуктов – пирамиды питания, состава микроэлементов, витаминов и пр.);
- данные о генетике (предрасположенности к занятию видами спорта, питанию, спортивные особенности, необходимые для разработки тренировочных планов, предрасположенность к питанию).

Результаты, полученные способами, рассмотренными в данных методических рекомендациях, могут быть использованы профессиональными спортсменами, а также спортсменами-любителями в целях оптимизации техники бега. В перспективе данная технология может быть использована в других видах спорта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. <http://supersportsystems.com/>
2. http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/mobile-internet/white_paper_c11-711705.html
3. <http://home.trainingpeaks.com/>
4. <http://geekrunner.org/software/aerobia>
5. <https://www.runtastic.com/>
6. <https://runkeeper.com/>
7. <https://www.endomondo.com/>
8. <http://www.omegawave.com/>
9. http://www.nike.com/ru/ru_ru/c/womens-training/apps/nike-training-club
10. <http://physiological-avatar.azurewebsites.net/>
11. Cavanagh PR, Kram R. Stride length in distance running: velocity, body dimensions, and added mass effects. *Med Sci Sports Exerc.* 1989;21(4):467–79
12. Nummela A, Kerañen T, Mikkelsen LO. Factors related to top running speed and economy. *Int J Sports Med.* 2007;28(8):655–61
13. Ahn AN, Brayton C, Bhatia T, Martin P. Muscle activity and kinematics offorefoot and rearfoot strike runners. *JSport Health Sci.* 2014;3(2):102–12
14. Anderson T. Biomechanics and running economy. *Sports Med.* 1996;22(2):76–89
15. Shaw AJ, Ingham SA, Folland JP. The valid measurement of running economy in runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(10):1968–73.
16. Conley DL, Krahenbuhl GS. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 1980;12(5):357–60.
17. Hoogkamer W, Kipp S, Spiering BA, Kram R. Altered running economy directly translates to altered distance-running performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48(11):2175–80.
18. Morgan DW, Bransford DR, Costill DL, Daniels JT, Howley ET, Krahenbuhl GS. Variation in the aerobic demand of running among trained and untrained subjects. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27(3):404–9.
19. Tartaruga MP, Brisswalter J, Peyre'-Tartaruga LA, et al. The relationship between running economy and biomechanical variables in distance runners. *Res Q Exerc Sport.* 2012;83(3):367–75.
20. Williams KR, Cavanagh PR, Ziff JL. Biomechanical studies of elite female distance runners. *Int J Sports Med.* 1987;8:S107–18.

21. Santos-Concejero J, Tam N, Granados C, et al. Interaction effects of stride angle and strike pattern on running economy. *Int J Sports Med*. 2014;35(13):1118–23.
22. Santos-Concejero J, Tam N, Granados C, et al. Stride angle as a novel indicator of running economy in well-trained runners. *J Strength Cond Res*. 2014;28(7):1889–95.
23. Di Michele R, Merni F. The concurrent effects of strike pattern and ground-contact time on running economy. *J Sci Med Sport*. 2014;17(4):414–8.
24. Biewener AA, Farley CT, Roberts TJ, Temaner M. Muscle mechanical advantage of human walking and running: implications for energy cost. *J Appl Physiol*. 2004;97(6):2266–74.
25. Dalleau G, Belli A, Bourdin M, Lacour JR. The spring-mass model and the energy cost of treadmill running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1998;77(3):257–63.
26. Modica JR, Kram R. Metabolic energy and muscular activity required for leg swing in running. *J Appl Physiol*. 2005;98(6):2126–31.
27. Saunders PU, Pyne DB, Telford RD, Hawley JA. Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med*. 2004; 34(7):465–85.
28. Heise GD, Martin PE. Are variations in running economy in humans associated with ground reaction force characteristics? *Eur J Appl Physiol*. 2001;84(5):438–42.
29. Williams KR, Cavanagh PR. Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. *J Appl Physiol*. 1987;63(3):1236–45.
30. Steudel-Numbers KL, Weaver TD, Wall-Scheffler CM. The evolution of human running: effects of changes in lower-limb length on locomotor economy. *J Hum Evol*. 2007;53(2):191–6.
31. Shaw AJ, Ingham SA, Atkinson G, Folland JP. The correlation between running economy and maximal oxygen uptake: cross-sectional and longitudinal relationships in highly trained distance runners. *PLoS One*. 2015;10(4):e0123101.
32. Arampatzis A, De Monte G, Karamanidis K, Morey-Klapsing G, Stafilidis S, Brüggemann GP. Influence of the muscle-tendon unit's mechanical and morphological properties on running economy. *J Exp Biol*. 2006;209(Pt 17):3345–57.
33. Folland J., Allen S., Black M., Handsaker J., Forrester E. (2017). Running Technique is an Important Component of Running Economy and Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(7), 1412–1423.
- [34] Haugen, T., McGhie, D., & Ettema, G. (2019). Sprint running: from fundamental mechanics to practice—a review. *European Journal of Applied Physiology*, 119(6), 1273–1287.
35. Е.А. Калинина и др. *Лечение и профилактика*, 2013, 2(6), 116–123.
36. Baskind N.E. et. al. *Hum. Reprod. Update.*, 2011, 17(2), 228–241.
37. Ситкин С.И. и др. *Гастроэнтерология Санкт-Петербурга*, 2013, 2-3, 2–10.

38. T. Chen et. al. 2016, *Scientific Reports*, 6(20594), 1-8.
39. Wang Z. et al. *Nature*, 2011, 472(7341), 57–63.
40. Sabatine M.S. et al. *Circulation*, 2005, 112(25), 3868–3875.
41. Lewis G.D. et. al. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2008, 52(2), 117–123.
42. Lewis G.D., Wei R., Liu E. et al. *J. Clin. Invest*, 2008, 118(10), 3503–3512.
43. Paige L.A. et al. *Int. J. Geriatr. Psychiatry.*, 2007, 22(5), 418–423.
44. G.A. Young et. al. *Kidney International*. 1982, 21, 492-499.
45. Nielsen J. et al., 2005.
46. Fan T.W. et al., 2012.

Федеральное медико-биологическое агентство

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-КЛИНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ
МЕДИЦИНЫ ФЕДЕРАЛЬНОГО МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА»**

(ФГБУ ФНКЦ ФХМ ФМБА России)

Система стандартизации в здравоохранении Российской Федерации
Группа 16. Требования к средствам информатизации в здравоохранении

**Использование адаптивной системы оценки эффективности движений в
спорте высших достижений**

Методические рекомендации

МР ФМБА России _____ - 2020

Заместитель генерального директора по научной работе
д-р. б.наук, профессор РАН, член-корр. РАН

Е.Н. Ильина

Нормоконтроль

В.М. Муравецкий

Исполнители:

Аналитик научно-организационного отдела
канд. хим. наук

Д.А. Гудков