



УДК 796.011.3

Спортивная инженерия в научно-образовательном кластере Белорусского государственного университета физической культуры «Интеллектуальные технологии в спорте»

В. Е. Васюк¹, А. С. Дорожко², Д. А. Лукашевич², Д. И. Гусейнов¹,
Д. Ю. Быков¹

¹ Учреждение образования «Белорусский государственный университет физической культуры», Минск, Республика Беларусь

² Государственное предприятие «Научно-технологический парк Белорусского национального технического университета «Политехник», Минск, Республика Беларусь

Аннотация

В статье представлены инновационные разработки в области информационно-измерительных систем, выполненные в научно-образовательном кластере Белорусского государственного университета физической культуры «Интеллектуальные технологии в спорте». Основное внимание уделено демонстрации беспроводных тензометрических устройств для мониторинга биомеханических параметров движений при взаимодействии спортсменов с инвентарем в гребных и лыжных видах спорта, а также с опорной поверхностью специального тренажера при имитации техники лыжных передвижений коньковым стилем.

Ключевые слова: беспроводные тензометрические датчики, весло для каноэ, лыжные палки, лыжероллеры, динамические параметры отталкивания

Sports engineering in the scientific and educational cluster of the Belarusian State University of Physical Culture «Intellectual Technologies in Sports»

V. E. Vasyuk¹, A. S. Dorozhko², D. A. Lukashevich², D. I. Huseynov²,
D. Y. Bykov¹

¹ Educational institution «Belarusian State University of Physical Culture», Minsk, Republic of Belarus

² The State Enterprise «Science and Technology Park of the Belarusian National Technical University «Polytechnic», Minsk, Republic of Belarus

Abstract

The article presents innovative solutions in the field of information and measurement systems implemented in the scientific and educational cluster of the Belarusian State University of Physical Culture "Intelligent technologies in Sports". The main attention is paid to the demonstration of wireless strain-measuring devices for monitoring biomechanical parameters of movements during the interaction of athletes with equipment in rowing and skiing sports, as well as with the support surface of a special simulator when simulating the technique of ski movements in skating style.

Keywords: wireless strain gauges, canoe paddle, ski poles, roller skis, repulsion dynamics

Введение

Спорт высших достижений в последние годы характеризуется стремительным развитием и внедрением информационных технологий [1, 2]. Подобная тенденция обусловлена высочайшей конкуренцией, необходимостью увеличения спортивного долголетия атлетов, а также снижением риска их травматизма. В таких условиях статус и роль научно-методического сопровождения тренировочной деятельности значительно возрастают. Последние достижения в области микроэлектроники и, в частности, инерциальных измерительных систем предоставили новые возможности диагностики и отслеживания динамики различных аспектов подготовленности спортсменов во многих видах спорта [3, 4, 5, 6]. Это позволяет тренерам значительно повысить эффективность и рациональность системы подготовки, оптимизировать интенсивность и направленность тренировочного процесса, а спортсменам – максимизировать соревновательные результаты, поддерживать необходимый уровень конкуренции, а также получать достаточное количество объективной информации для формирования устойчивого психоэмоционального фона. При этом, нельзя не отметить, что интерактивные технологии способствуют вовлечению большего количества людей к занятиям профессиональным спортом, что позволяет увеличить селекционный резерв [2].

Сегодня все более распространенным понятием становится термин «Интеллектуальная спортивная тренировка» (с англ. – Smart Sport Training), которая предполагает использование носимых измерительных устройств, внедрение инновационных тренировочных принципов и современных тренажеров [7]. Но конечной целью тренировки, как и прежде, является повышение уровня подготовленности спортсмена, что выражается совершенствованием его двигательных качеств и технического мастерства. Структура тренировочного процесса обязательно состоит из нескольких ключевых стадий: планирование тренировки, реализация тренировочного плана, оценка и контроль подготовленности спортсмена [8]. Очевидно, что в рамках каждой стадии эффективность этой подготовки должна быть максимальной.

В рамках данной статьи рассматриваются технологические инновации для спортсменов, специализирующихся в некоторых дисциплинах гребных и лыжных видов спорта, разработанные на базе научного-образовательного кластера Белорусского государственного университета физической культуры «Интеллектуальные технологии в спорте».

Гребля на байдарках и каноэ

Результативность соревновательной деятельности в безуключенной гребле в равной степени зависит от высокого уровня физических кондиций и технического мастерства спортсмена [9]. На сегодняшний день многие специалисты заинтересованы в изучении биомеханических характеристик гребли и их взаимосвязей, а также в анализе движений по кинематическим, энергетическим, динамическим и физиологическим показателям [10]. Причем, наибольший интерес вызывает поиск средств и методов измерения и исследования данных показателей в естественных условиях гребных локомоций [11]. Подобные средства следует использовать на различных этапах спортивной подготовки, а также в рамках различных процедур и мероприятий: тренировочно-диагностическое занятие, этапный, текущий и оперативный контроль подготовленности [10, 12, 13, 14].

Это обусловлено тем, что регулярный мониторинг уровня подготовленности спортсмена позволяет объективно и своевременно корректировать специфику тренировочного процесса на основании количественных данных. Тем не менее, мониторинг в реальных условиях тренировочного процесса зачастую осуществляется недостаточно часто и если проводится, то в рамках ограниченного сценария. Причиной этого является отсутствие объективных средств диагностики текущего состояния технической и скоростно-силовой подготовленности спортсменов-гребцов. В связи с этим, наиболее эффективной альтернативой для решения подобных задач в естественных условиях гребли является применение мобильных (беспроводных) аппаратно-программных комплексов с обратной связью, обеспечивающих получение достоверной количественной информации, характеризующей эффективность выполнения двигательных заданий в режиме реального времени.

Осуществление процедуры контроля возможно только на основе оперативного получения объективных данных о большом числе взаимосвязанных между собой кинематических, динамических, энергетических и физиологических параметров, совокупно характеризующих как эффективность и результативность техники двигательных действий в безуключенной гребле, так и динамику скоростно-силовой подготовленности спортсмена в различные периоды подготовки [15]. В частности, в гребле на каноэ оценка техники движений спортсмена, а также анализ взаимосвязи отдельных технических действий и биомеханических параметров лодки (скорости, ускорения и др.) предоставляют тренеру крайне полезную и содержательную информацию в целях повышения эффективности тренировочного процесса [16].

Для решения задачи оперативного контроля, основанного на регистрации данных динамических и некоторых кинематических показателей движений гребцов, нами разработаны и внедрены в систему спортивной подготовки портативные тензометрические датчики, прикрепляемые на древко весла посредством металлических хомутов специальной конструкции (рис. 1).

Принцип работы тензометрических датчиков обусловлен физико-механическими свойствами древка весла, учитывая, что амплитуда его деформации в процессе гребли находится в линейной зависимости от величины прикладываемого усилия [13]. Перед калибровкой весло с закрепленными датчиками располагается на точечных неподвижных опорах, расстояние между которыми соответствует ширине хвата спортсмена. На лопасть весла прикладывается нагрузка, обычно соответствующая 10–20 кг. В качестве калибровочных данных регистрируется амплитуда деформации под воздействием отягощения известной величины [17].



Рис. 1: Портативный тензометрический датчик на древке весла.

Нами разработаны две конфигурации портативных тензометрических датчиков – проводная и беспроводная (рис. 2).

Особенностью проводной конфигурации является повышенная частота регистрации данных (до 1000 Гц). Конструктивно проводная конфигурация отличается наличием блока регистрации данных, который также является коммутирующим устройством для сенсоров с PDC проводом (с англ. Power and Data cord – провод питания и передачи данных). Проводная конфигурация в большей части предназначена для регистрации данных спортсменов в классе лодок К-2 с возможностью одновременного использования до 4-х устройств. В отличие от проводной, беспроводная конфигурация датчиков обеспечивает частоту регистрации данных до 50 Гц и может использоваться в гребле на байдарках и каноэ, как с одним, так и с двумя веслами одновременно [18].

В качестве исходных данных рассматриваемые тензометрические датчики позволяют регистрировать числовые значения, характеризующие зависимость прикладываемого спортсменом усилия к веслу от времени его воздействия (рис. 3).

В то же время нельзя не отметить нерешенные проблемы, связанные с разработкой стандартизированных протоколов использования датчиков в диагностике текущего состояния подготовленности спортсменов-гребцов. В перспективе усилия разработчиков следует сосредотачивать на автоматизации процедур обработки регистрируемой информации, а также на отладке механизмов применения искусственного интеллекта для количественной оценки получаемых данных [11].

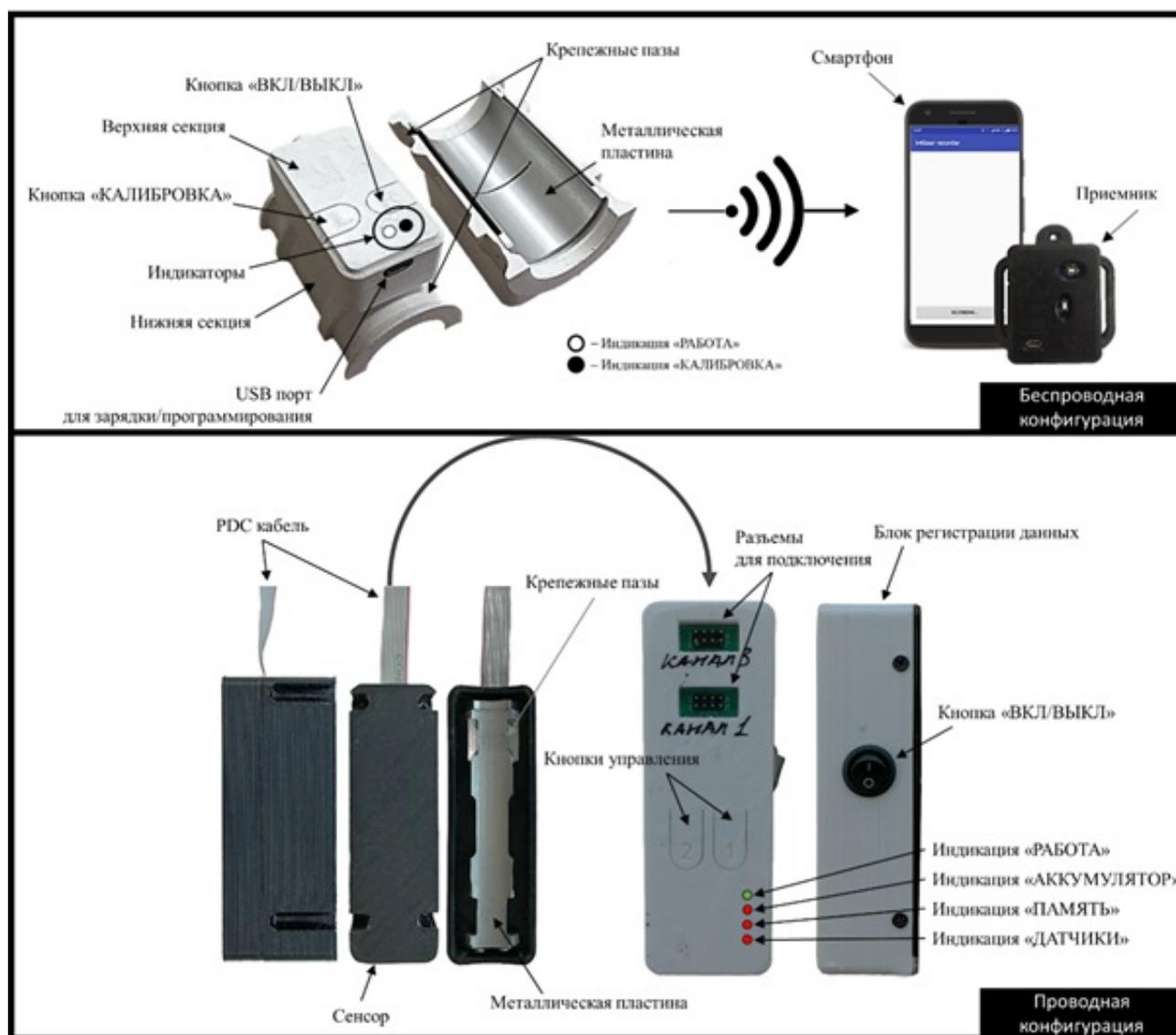


Рис. 2: Конфигурации тензометрических датчиков на вело.

Лыжные гонки и биатлон

Известно, что скоростно-силовые качества, особенно в коньковых техниках передвижений во многом определяют соревновательную результативность спортсменов-лыжников [19]. Доказано, что пропульсивная эффективность отдельных двигательных действий зависит от скорости выполнения соответствующих суставных движений, а также генерируемой при этом силе [20]. Справедливым является также и то, что специализированная силовая тренировка способствует совершенствованию различных проявлений выносливости, что является одним из детерминирующих факторов высокой соревновательной результативности [21, 22].

В свою очередь совершенствование техники движений в беге на лыжах происходит прежде всего за счет инновационных средств и методов тренировки, способствующих снижению ресурсоемкости двигательных действий, а также сохранению оптимальной двигательной структуры на фоне увеличивающегося утомления [22, 23, 24]. При этом, техника лыжных

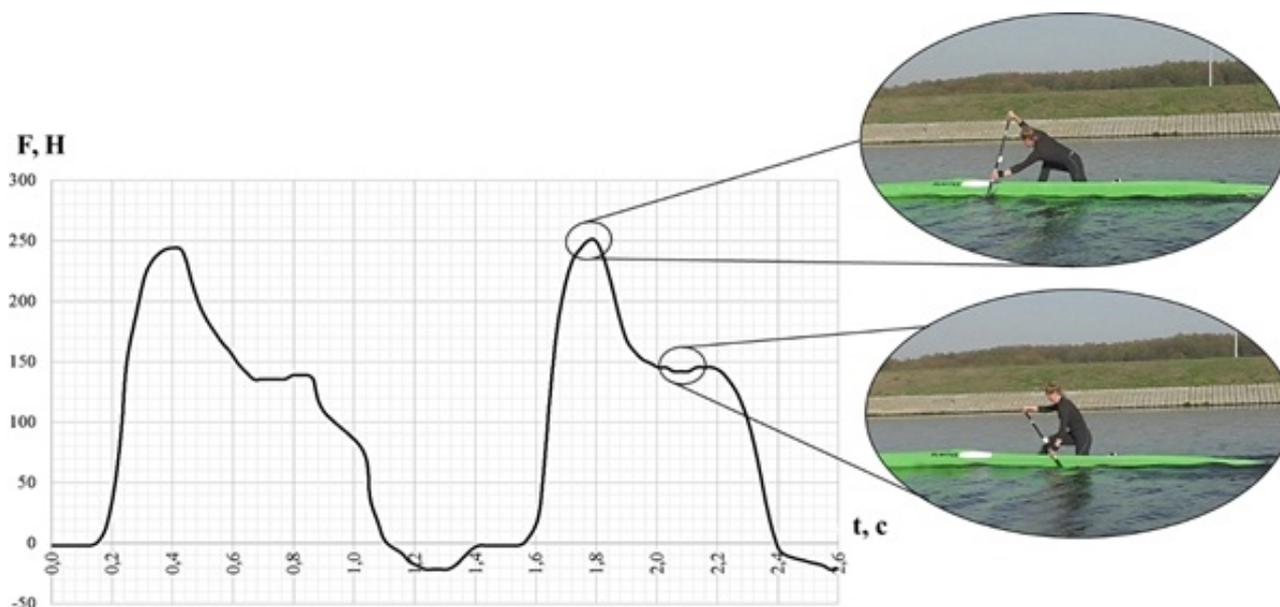


Рис. 3: Визуализация данных, регистрируемых тензометрическими датчиками.

передвижений может быть эффективной в том числе при индивидуальной оптимизации системы двигательных действий с учетом антропометрических особенностей спортсмена [25]. В этом плане особый интерес может представлять информация о прикладываемой спортсменом силе к опорной поверхности, направлении ее действия и характере изменения при отталкивании нижними и верхними конечностями.

Для исследования динамических параметров отталкивания и разработки способа оценки скоростно-силовой подготовленности спортсменов в условиях специфических двигательных действий мы применяем беспроводные тензометрические датчики для лыжных палок и лыжероллеров собственной конструкции (рис. 4).

В состав каждого отдельного датчика входит два основных модуля: 1 – чувствительный элемент, представленный тензорезистором; 2 – модуль вспомогательной электроники, включающий в себя: аналого-цифровой преобразователь (analog-to-digital converter), микропроцессор, цифровой интерфейс (serial digital interface), модуль для беспроводной передачи данных (рис. 5).

Конструктивно датчик представляет собой секционное устройство, монтируемое на лыжную палку или лыжероллер. Размеры и вес каждого датчика на лыжные палки составляет $95 \times 35 \times 45$ мм и 55 г, а на лыжероллеры – $85 \times 38 \times 16$ мм и 40 г. В целях стандартизации процесса регистрации данных, а также уменьшения габаритных размеров датчиков и их веса чувствительные элементы в виде тензорезисторов в строго регламентированных лабораторных условиях наклеиваются непосредственно на лыжную палку или лыжероллер. Причем, схема наклеивания тензорезисторов на лыжной палке отличается от схемы наклеивания на лыжероллере, поскольку при взаимодействии спортсмена с лыжной палкой на акцентируемых участках амплитуды отталкивания происходит её осевая деформация и деформация на изгиб. Для получения объективной количественной информации в процессе регистрации необходимо учитывать оба типа деформации. Всего для натурных экспериментов было заготовлено 5 комплектов лыжных палок различных типоразмеров, а также 2 комплекта лыжероллеров.

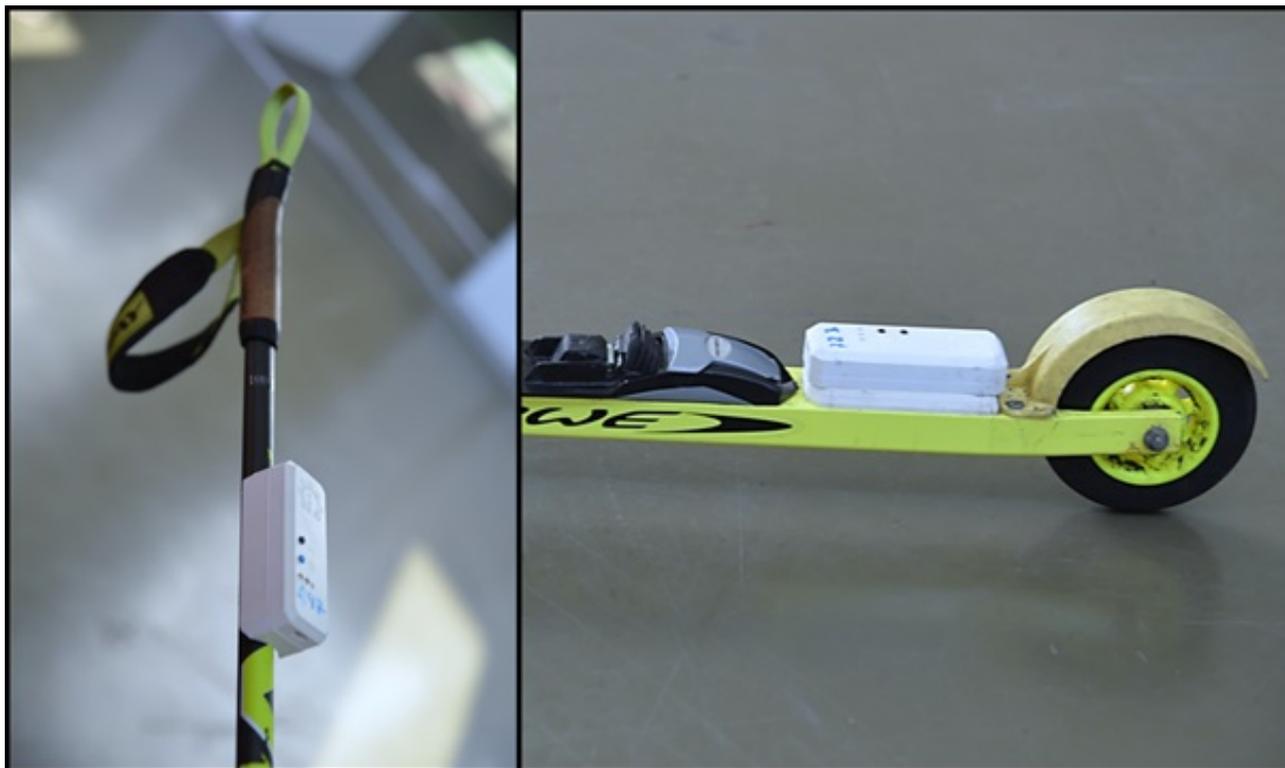


Рис. 4: Беспроводные тензометрические датчики для лыжных палок и лыжероллеров.

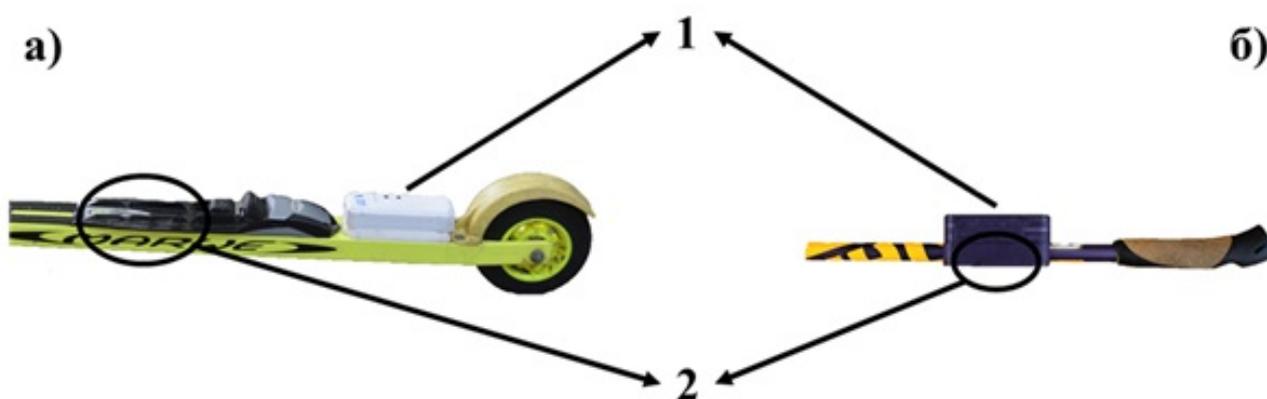


Рис. 5: Расположение тензометрического датчика на лыжероллере (а) и лыжной палке (б). 1 – блок управления и передачи данных; 2 – область расположения тензорезистора

На рис. 6. демонстрируется динамика прикладываемых спортсменом усилий при взаимодействии с поверхностью опоры посредством лыжных палок и лыжероллеров.

Получаемые таким образом данные, могут применяться в разработке основ алгоритмов машинного обучения для автоматизированной идентификации техники лыжных ходов, что безусловно важно в аналитике технической подготовленности спортсменов [26, 27]. Носимые измерительные устройства, основанные на тензорезисторах имеют также перспек-

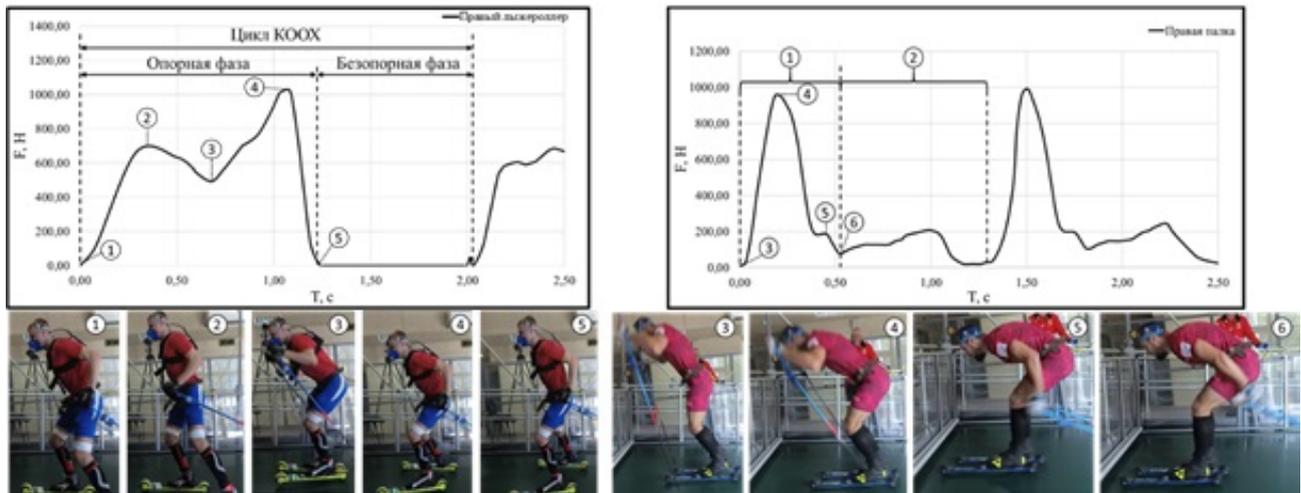


Рис. 6: Типичная кривая зависимости взаимодействия с поверхностью опоры.

тивую применения в составе мультисенсорных комплексов для обучения юных спортсменов принципиальным аспектам техники лыжных передвижений [28]. Проблемным полем для специалистов являются также и вопросы, связанные с совершенствованием системы обучения технике коньковых стилей передвижений на лыжах [29]. Это обусловлено тем, что спортсмен при выполнении отталкивания находится в состоянии одноопорного скольжения по неровной поверхности. Кроме того, для обеспечения эффективного отталкивания необходимо учитывать рессорные свойства лыж. Выбор рациональных способов обучения подобным аспектам техники лыжных передвижений наиболее значим на этапе начальной спортивной подготовки, когда у юных спортсменов формируется стереотип техники взаимодействия с опорой нижними конечностями. В этих целях нами разработан специальный тренажер, который состоит из двух основных элементов: А – амортизирующей платформы (подвижная опора); Б – рамы основания (неподвижная опора). Подвижная опора отделяется от неподвижной, что обеспечивает мобильность тренажера при его транспортировке. Используемые в составе амортизирующей платформы модифицированные лыжи оснащены тензометрическими датчиками В (рис. 7), что позволяет регистрировать динамические показатели отталкивания, а также контролировать интенсивность тренировочной нагрузки.

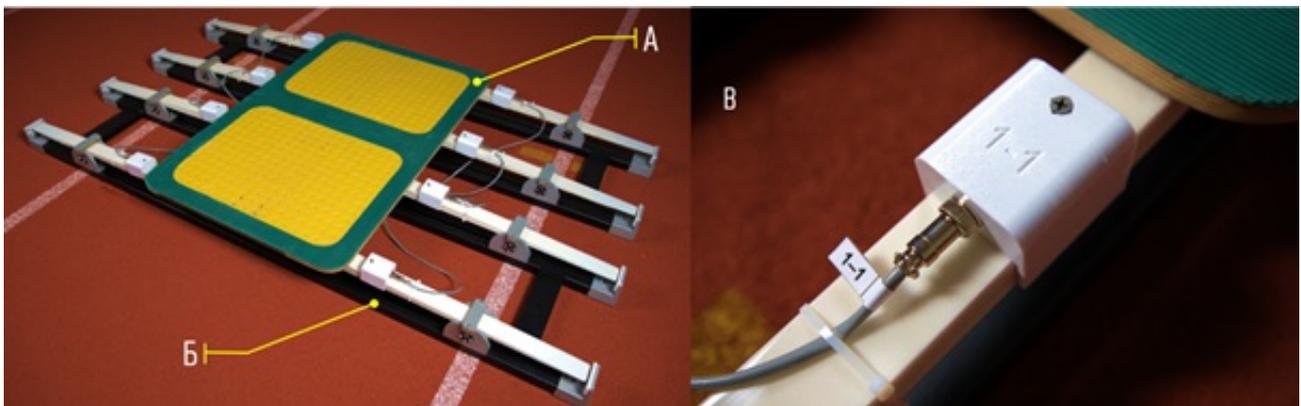


Рис. 7: Основные элементы тренажера.

Тренажер направлен на развитие скоростно-силовых качеств лыжников в соответствии с техникой движений коньковым стилем и способствует включению в работу ведущих групп мышц, участвующих в выполнении упражнения. Исследование биоэлектрической активности мышц подтвердило соответствие амплитуды и направления движений нижних конечностей при передвижении на лыжероллерах по дистанции и при выполнении упражнений на тренажере [30]. На основании полученных данных установлено, что мышечная активность исследуемых групп мышц при выполнении упражнения на тренажере и при передвижении на лыжероллерах с использованием одновременного двухшажного конькового хода (равнинный вариант) в определенной степени подобна. В целях самостоятельной корректировки спортсменом техники двигательных действий программное обеспечение тренажера в режиме реального времени позволяет отображать на экране монитора значения динамических показателей в формате столбчатых диаграмм отдельно для правой и левой конечности (рис. 8).



Рис. 8: Фрагмент тренировки с использованием тренажера.

Подобный механизм срочной обратной связи значительно повышает эффективность

процесса обучения и тренировки, а также способствует формированию у спортсмена осознанности при выполнении целевых двигательных действий.

Подобный механизм срочной обратной связи значительно повышает эффективность процесса обучения и тренировки, а также способствует формированию у спортсмена осознанности при выполнении целевых двигательных действий.

Заключение

Представленные технологии позволяют регистрировать в режиме реального времени и сохранять на твердый носитель количественные данные, характеризующие эффективность взаимодействия спортсмена с инвентарем в гребных и лыжных локомоциях и при имитации движений, соответствующих технике двигательных действий в структуре основных элементов соревновательного упражнения при применении специальных тренажерных устройств. Результаты экспериментальной апробации разработанных методик подтверждают практическую значимость таких устройств в обеспечении комплексной оценки и контроля физической и технической подготовленности спортсменов.

Список литературы

1. Shehadeh M. A., Schroeder S., Richert A., Jeschke S. Hybrid teams of industry 4.0: A work place considering robots as key players // 2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). – IEEE, 2017. – P. 1208–1213. DOI: <https://doi.org/10.1109/SMC.2017.8122777>
2. Rauter S. Mass sports events as a way of life (differences between the participants in a cycling and a running event) // Kinesiologia Slovenica. – 2014. – Vol. 20, Issue 1. – P. 5–15.
3. Polo-Rodriguez A., Montoro-Lendinez A., Espinilla M., Medina-Quero J. Classifying sport-related human activity from thermal vision sensors using CNN and LSTM // International Conference on Image Analysis and Processing. – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 38–48. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-13321-3_4
4. Polo-Rodriguez A., Diaz-Jimenez D., Carvajal M. A., Baños O., Medina-Quero J. Detection of sets and repetitions in strength exercises using IMU-based wristband wearables // International Conference on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence (UCAmI 2023). Lecture Notes in Networks and Systems. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2023. – P. 71–80. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-48306-6_7
5. Monroy E. B., Rodríguez A. P., Estevez M. E., Quero J. M. Fuzzy monitoring of in-bed postural changes for the prevention of pressure ulcers using inertial sensors attached to clothing // Journal of Biomedical Informatics. – 2020. – Vol. 107. – Article 103476. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2020.103476>
6. Ruiz-García I., Navarro-Marchal I., Ocaña-Wilhelmi J., Palma A. J., Gómez-López P. J., Carvajal M. A. Development and evaluation of a low-drift inertial sensor-based system for analysis of alpine skiing performance // Sensors. – 2021. – Vol. 21, № 7. – Article 2480. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21072480>
7. Kamišalić A., Fister Jr. I., Turkanović M., Karakatič S. Sensors and functionalities of non-invasive wrist-wearable devices: A review // Sensors. – 2018. – Vol. 18, № 6. – Article 1714. DOI: <https://doi.org/10.3390/s18061714>
8. Fister Jr. I., Ljubič K., Suganthan P. N., Perc M., Fister I. Computational intelligence in sports: challenges and opportunities within a new research domain // Applied Mathematics and Computation. – 2015. – Vol. 262. – P. 178–186. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amc.2015.04.004>

9. Romagnoli C., Boatto P., Campoli F., Caprioli L., Delgado D., Edriss S., Frontuto C., Lanotte N., Annino G., Padua E., Bonaiuto V. Monitoring of kinetic parameters in sprint canoeing performance // *Engineering Methodologies for Medicine and Sports (EMMS 2024). Mechanisms and Machine Science.* – Cham : Springer Nature Switzerland, 2024. – P. 710–724. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-63755-1_52
10. Lundström P., Borgen J. S., McKenzie D. The canoe/kayak athlete // *Handbook of Sports Medicine and Science: Canoeing.* – 2019. – P. 40-46.
11. Cruz M. I., Sarmento H., Amaro A. M., Roseiro L., Gomes B. B. Advancements in performance monitoring: a systematic review of sensor technologies in rowing and canoeing biomechanics // *Sports.* – 2024. – Vol. 12, № 9. – P. 254–269. DOI: <https://doi.org/10.3390/sports12090254>
12. Foster C., Rodriguez-Marroyo J. A., De Koning J. J. Monitoring training loads: the past, the present, and the future // *International Journal of Sports Physiology and Performance.* – 2017. – Vol. 12, № 2. – P. 2–8. DOI: <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0388>
13. Guseinov D. I., Permyakov T. V., Narkevich A. L., Lukashevich D. A., Minchenya A. V. Technologies for measuring the dynamic parameters of rowing based on strain gauge systems // *Russian Journal of Biomechanics.* – 2024. – Vol. 28, № 2. – P. 95–104. DOI: <https://doi.org/10.15593/RJBiomech/2024.2.10>
14. Álvarez-Yates T., Iglesias-Caamaño M., Cuba-Dorado A., Serrano-Gómez V., Ferreira-Lima V., Nakamura F. Y., García-García O. Explanatory model for elite canoeists' performance using a functional electromechanical dynamometer based on detected lateral asymmetry // *Symmetry.* – 2024. – Vol. 16, № 3. – Article 347. DOI : <https://doi.org/10.3390/sym16030347>
15. Bonaiuto V., Gatta G., Romagnoli C., Boatto P., Lanotte N., Annino G. A new measurement system for performance analysis in flatwater sprint kayaking // *Proceedings.* – 2020. – Vol. 49, № 1. – P. 39–45. DOI: <https://doi.org/10.3390/proceedings2020049039>
16. Annino G., Boatto P., Bonaiuto V., Campoli F., Caprioli L., Edriss S., Lanotte N., Padua E., Panichi E., Romagnoli C. A DAQ system suited for Olympic sprint canoeing performances monitoring // *2023 IEEE International Workshop on Sport, Technology and Research (STAR), Cavalese - Trento, Italy.* – 2023. – P. 81–84. – DOI: <https://doi.org/10.1109/STAR58331.2023.10302443>
17. Lukashevich D., Huseynov D., Minchenya A., Bubulis A., Vėžys, J. Smart sensors for estimation of power interaction of an athlete with water surface when paddling in the cycle of rowing locomotions // *Journal of Complexity in Health Sciences.* – 2020. – Vol. 3, № 1. – P. 81–90. DOI: <https://doi.org/10.21595/chs.2020.21314>
18. Гусейнов Д. И., Лукашевич Д. А., Пермяков Т. В. Интеллектуальные сенсорные системы в контроле технической и скоростно-силовой подготовленности спортсменов-ребцов [Электронный ресурс] : практ. пособие / Белорус. гос. ун-т физ. культуры. – Минск : БГУФК, 2024. – 48 с. EDN: <https://www.elibrary.ru/eucvsc>
19. Stöggli T., Holmberg H. C. A systematic review of the effects of strength and power training on performance in cross-country skiers // *Journal of Sports Science & Medicine.* – 2022. – Vol. 21, № 4. – Article 555. DOI: <https://doi.org/10.52082/jssm.2022.555>
20. Gløersen Ø., Myklebust H., Hallén J., Federolf P. Technique analysis in elite athletes using principal component analysis // *Journal of Sports Sciences.* – 2018. – Vol. 36, № 2. – P. 229–237. DOI: <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1298826>
21. Wernbom M., Augustsson J., Thomeé R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans // *Sports Medicine.* – 2007. – Vol. 37. – P. 225–264. DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-200737030-00004>
22. Sandbakk Ø., Holmberg H. C. Physiological capacity and training routines of elite cross-country skiers: approaching the upper limits of human endurance // *International Journal of Sports Physiology and Performance.* – 2017. – Vol. 12, № 8. – P. 1003–1011. DOI: <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0749>

23. Hébert-Losier K., Zinner C., Platt S., Stöggl T., Holmberg H. C. Factors that influence the performance of elite sprint cross-country skiers // Sports Medicine. – 2017. – Vol. 47. – P. 319–342. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0573-2>
24. Pellegrini B., Stöggl T. L., Holmberg H. C. Developments in the biomechanics and equipment of Olympic cross-country skiers // Frontiers in Physiology. – 2018. – Vol. 9, № 976. – P. 1e–7e. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00976>
25. Гардагина Л.Г. Техника лыжных ходов: методические указания.– М.: МИИТ, 2013. – 89 с.
26. Savva Sachi G. Predicting cross-country skiing techniques using machine learning: Master's thesis. – Gothenburg, Sweden: Department of Computer Science and Engineering, Chalmers University of Technology; University of Gothenburg, 2021. – 70 p.
27. Pousibet-Garrido A., Polo-Rodríguez A., Moreno-Pérez J. A., Ruiz-García I., Escobedo P., López-Ruiz N., Marcen-Cinca N., Medina-Quero J., Carvajal M. Á. Gear classification in skating cross-country skiing using inertial sensors and deep learning // Sensors. – 2024. – Vol. 24. – Article 6422. DOI: <https://doi.org/10.3390/s24196422>
28. Li X., Song L., Wu H. Digitalization of cross-country skiing training based on multisensor combination // Journal of Sensors. – 2021. – Vol. 2021, № 1. – P. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/5662716>
29. Stöggl R., Müller E., Stöggl T. Technique and maximal skiing speed for youth cross-country skiing performance // Frontiers in Sports and Active Living. – 2023. – Vol. 5. – Article 1133777. DOI: <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1133777>
30. Юйчень Ч. Сравнительный анализ движений спортсменов с использованием специального тренажера и при передвижениях на лыжероллерах коньковым ходом // Ученые записки Белорусского государственного университета физической культуры. – 2021. – № 24. – С. 177–187. EDN: <https://www.elibrary.ru/wrcas>

Сведения об авторах

Васюк Валерий Евстафьевич – кандидат педагогических наук, Научно-образовательный кластер «Интеллектуальные технологии в спорте» Белорусского государственного университета физической культуры».

E-mail: avioragro@mail.ru

Дорожко Александр Сергеевич – Научно-технологический парк Белорусского национального технического университета «Политехник».

E-mail: darozhka.aliaksandr@gmail.com

Гусейнов Даниил Истамович – отдел инновационных спортивных технологий Белорусского государственного университета физической культуры.

E-mail: guseynov.daniil@yandex.by

Лукашевич Дмитрий Анатольевич – кандидат педагогических наук, Научно-технологический парк Белорусского национального технического университета «Политехник».

E-mail: dmitry.luckashewi4@yandex.by

Быков Дмитрий Юрьевич – отдел инновационных спортивных технологий Белорусского государственного университета физической культуры».

E-mail: bykovdmitry3@gmail.com

Для цитирования:

Васюк В.Е., Дорожко А.С., Лукашевич Д.А., Гусейнов Д.И., Быков Д.Ю. Спортивная инженерия в научно-образовательном кластере Белорусского государственного университета физической культуры «Интеллектуальные технологии в спорте» // Российский журнал информационных технологий в спорте. – 2024. – Т. 1, № 3. – С. 3–15. DOI: <https://doi.org/10.62105/2949-6349-2024-1-3-3-15> EDN: ZTBSOM

Cite as:

Vasyuk V.E., Dorozhko A.S., Lukashevich D.A., Huseynov D.I., Bykov D.Y. Sports engineering in the scientific and educational cluster of the Belarusian State University of Physical Culture "Intellectual Technologies in Sports". *Russian Journal of Information Technology in Sports*, 2024, 1(3), pp. 3–15 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.62105/2949-6349-2024-1-3-3-15> EDN: ZTBSOM

Статья поступила в редакцию: 19.11.2024

Статья принята в печать: 09.12.2024

Статья опубликована: 13.12.2024