

Научная статья  
УДК 796:378.016

## Спортивная инженерия: от подготовки специалистов до создания интеллектуальных систем

В. Е. Васюк<sup>1</sup>, В. П. Сущенко<sup>2✉</sup>, А. С. Дорожко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет, Беларусь, 220013, г. Минск, пр. Независимости, д. 65

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29

**Васюк Валерий Евстафьевич**, кандидат педагогических наук, доцент кафедры спортивной инженерии, [vassiouk@bntu.by](mailto:vassiouk@bntu.by), <https://orcid.org/0000-0002-3211-1907>

**Сущенко Валерий Петрович**, доктор педагогических наук, директор Института физической культуры, спорта и туризма, [sutshenko\\_vp@spbstu.ru](mailto:sutshenko_vp@spbstu.ru), <https://orcid.org/0000-0003-0329-4529>

**Дорожко Александр Сергеевич**, магистр кафедры спортивной инженерии, [darozhka.aliaksandr@gmail.com](mailto:darozhka.aliaksandr@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-3405-4747>

**Аннотация.** В настоящее время наблюдается стремительный рост индустрии спортивных технологий, который объясняется растущим вниманием к привлечению и удовлетворению запросов болельщиков на стадионах, стремлением улучшить производительность игроков и команд, а также широким внедрением киберспортивных инновационных решений. Это в свою очередь предопределило возникновение новой области знаний – спортивной инженерии, которая устраняет разрыв между спортивной наукой и инженерными разработками. Развитие этой области поддерживается и стимулируется спортивными инженерами, профессиональная подготовка которых стала одной из задач учебных заведений во многих странах мира. Обучение кадров и развитие талантов в области спортивной инженерии требует комплексного подхода, который будет опираться на тематическую концентрацию инженерных, медицинских, информационных и естественных наук. Цель статьи – анализ развития концепции подготовки специалистов в области интеллектуальной спортивной инженерии через призму междисциплинарной интеграции. Методы исследования: изучение специальной литературы, анализ и синтез, обобщение и группировка, моделирование, абстрагирование, систематизация. Обозначены перспективы развития спортивной инженерии. Формализованы междисциплинарные связи спортивной инженерии, которые охватывают классическую инженерию, спортивную науку и медицину, а также спортивное оборудование. Описаны особенности преподавания спортивной инженерии в Белорусском национальном техническом университете. Разработаны рекомендации, касающиеся создания инженерных спортивных специализаций в учебных заведениях России. Удовлетворение общественного спроса на спортивных инженеров предполагает реализацию комплексной политики подготовки специалистов при активном взаимодействии государственных органов, учебных заведений, спортивных организаций и частных компаний.

**Ключевые слова:** спортивная инженерия, подготовка, концепция, цифровые технологии, программа, обучение, педагогический состав, наука, медицина

**Для цитирования:** Васюк В. Е., Сущенко В. П., Дорожко А. С. Спортивная инженерия: от подготовки специалистов до создания интеллектуальных систем // Физическое воспитание и студенческий спорт. 2024. Т. 3, вып. 1. С. 56–63. <https://doi.org/10.18500/2782-4594-2024-3-1-56-63>, EDN: DKPBFO

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

## Sports engineering: From training specialists to creating intelligent systems

V. E. Vasyuk<sup>1</sup>, V. P. Sushchenko<sup>2✉</sup>, A. S. Dorozhko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Belarusian National Technical University, 65 Nezavisimosti Ave., Minsk 220013, Belarus

<sup>2</sup>Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politekhnicheskaya St., Saint Petersburg 195251, Russia

**Valery E. Vasyuk**, [vassiouk@bntu.by](mailto:vassiouk@bntu.by), <https://orcid.org/0000-0002-3211-1907>

**Valery P. Sushchenko**, sutshenko\_vp@spbstu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0329-4529>

**Alexander S. Dorozhko**, darozhka.aliaksandr@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3405-4747>

**Abstract.** The sports technology industry is currently experiencing rapid growth, driven by an increasing focus on fan engagement and satisfaction in stadiums, the desire to improve player and team performance, and the widespread adoption of eSports innovations. This, in turn, predetermined the emergence of a new field of knowledge – sports engineering, which bridges the gap between sports science and engineering developments. The development of this field is supported and stimulated by sports engineers, whose professional training has become one of the tasks of educational institutions in many countries around the world. The research hypothesis is that training and talent development in the field of sports engineering requires an integrated approach that will be based on thematic concentrations of engineering, medical, information and natural sciences. The purpose of the article is to consider the development of the concept of training specialists in the field of intellectual sports engineering through the prism of interdisciplinary integration. Research methods: study of specialized literature, analysis and synthesis, generalization and grouping, modeling, abstraction, systematization. Prospects for the development of sports engineering are outlined. The interdisciplinary connections of sports engineering are formalized, covering classical engineering, sports science and medicine, and sports equipment. The features of teaching sports engineering at the Belarusian National Technical University are described. Recommendations have been developed regarding the creation of engineering sports specializations in educational institutions in Russia. Satisfying public demand for sports engineers involves the implementation of a comprehensive policy for training specialists with the active interaction of government agencies, educational institutions, sports organizations and private companies.

**Keywords:** sports engineering, training, concept, digital technologies, program, training, teaching staff, science, medicine

**For citation:** Vasyuk V. E., Sushchenko V. P., Dorozhko A. S. Sports engineering: From training specialists to creating intelligent systems. *Physical Education and University Sport*, 2024, vol. 3, iss. 1, pp. 56–63 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/2782-4594-2024-3-1-56-63>, EDN: DKPBFO

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CCO-BY 4.0)

## Введение

С развитием общества и повышением общего уровня жизни представления людей о спорте постоянно меняются – от первоначального стремления заниматься только спортом до стремления к научно обоснованному спорту, более ориентированному на здоровье при поддержке последних достижений Четвертой промышленной революции. Кроме того, мировая индустрия спорта оценивается примерно в 500 млрд долл. в год и растет ежегодно на 3% [1].

В последние десятилетия современный спорт уже невозможно представить без инновационных технических средств, соответствующих процессам цифровизации всех сфер социальной жизни [2]. С непрерывным развитием науки и техники искусственный интеллект (ИИ) постепенно входит в различные области спорта и играет важную роль в научно-техническом развитии физической культуры. Ряд инженерных решений, основанных на использовании современных технологий, предоставляют новые знания и возможности, выходящие за рамки традиционных. Появившиеся в последние десятилетия достаточно миниатюрные и точные измерительные датчики, например, глобального позиционирования или измеряющие физиологические реакции

организма, могут предоставлять срочную и достоверную информацию о характеристиках деятельности спортсменов. Однако несмотря на то, что некоторые из них позволяют получить объективную и достоверную информацию, неправильная эксплуатация и/или ошибка в интерпретации данных может приводить к неверному принятию тренерских решений и, как следствие, к снижению эффективности тренировочного процесса.

В данном контексте в связи с бурным развитием спорта возникает острая необходимость в профессиональных специалистах в области спортивного инжиниринга. Под влиянием растущего спроса на рынке зарождается специальность «Спортивная инженерия», а подготовка талантливых специалистов становится актуальной задачей все большего количества университетов.

Однако, несмотря на то что в современной научно-педагогической среде существует устойчивое понимание спортивного инженерного образования, быстрые изменения в спортивной индустрии и ее сквозная цифровизация не всегда отражаются в относительно статичном представлении учебных дисциплин. Например, текущие университетские программы по спортивной инженерии не дают знаний о новых технологиях (таких как аналитика больших данных, самовосстанавливающиеся материалы, Интернет вещей, виртуальная и до-

полненная реальность и т. д.) или социальных изменениях (например, демография, последствия сидячего образа жизни и т. д.). Более того, выпускники учебных заведений по программам спортивной инженерии не всегда обладают соответствующими инновационными и предпринимательскими навыками, также «навыками XXI века», необходимыми для удовлетворения потребностей спортивной индустрии в эпоху цифровизации [3].

С учетом вышеизложенного вопросы, связанные с долгосрочным развитием спортивной инженерии, которое не может быть отделено от продвижения высококлассных специалистов с целью устранения пробела в подготовке спортивных талантов и комбинированных талантов «спорт+ИИ», имеют важное теоретическое и практическое значение, что и обуславливает выбор темы данной статьи.

Исследованию интеллектуально-ориентированного спорта и необходимости его обеспечения высококвалифицированными кадрами посвящены работы таких авторов, как А. Б. Перлов, В. В. Бегнарский, А. О. А. Рауф, Г. М. Лаврухина, К. Koenig, L. Hester, T. Hannigan.

Над созданием инновационных учебных программ, совместных курсов и модулей в сотрудничестве с ведущими мировыми производителями спортивного оборудования трудятся Б. А. Дышко, В. Е. Васюк, Н. М. Калантарлы, О. В. Панина, V. Senner, C. Aringer, K. Bengler.

Особенности сочетания спортивной инженерии с фундаментальными навыками в процессе подготовки специалистов рассматриваются Т. Н. Гахарием, А. Э. Павловичем, М. В. Евичем, И. В. Закерничным, А. А. Алявдиным, В. А. Федоровым, A. Midol, P. Lanteri, R. Longeraу, W. Rakowski.

В то же время, несмотря на имеющиеся наработки и широкий интерес ученых к рассматриваемой проблематике, ряд вопросов требует более детального анализа. В частности, в более углубленном развитии нуждается система учебных планов, средства и методы обучения в области спортивной инженерии, которая охватывает традиционный инженерный профиль, модифицированный с использованием спортивных примеров, промышленный дизайн, а также прикладную биомеханику. Особого внимания в области спортивной инженерии заслуживают не только методы обучения студентов профессиональным знаниям, но и подходы к развитию идейно-нравственных качеств, инновационности мышления, личностно-эмоциональной концепции.

Таким образом, с учетом вышеизложенного **цель статьи** заключается в анализе развития концепции подготовки специалистов в области спортивной инженерии через призму междисциплинарной интеграции.

#### Материалы и методы

Основные методы исследования: изучение специальной литературы, анализ и синтез, обобщение и группировка, моделирование, абстрагирование, систематизация.

#### Результаты и их обсуждение

В спорте высших достижений сегодня наблюдается исчерпание физиологического резерва возможностей организма человека [4]. В то же время инновационные высокотехнологичные разработки позволяют решать одну из основных задач системы спортивной подготовки – добиваться роста соревновательных результатов, не прибегая к запрещенным методам.

Не подлежит сомнению тот факт, что интеллектуальные технологии, прогрессивные цифровые решения способствуют совершенствованию процесса спортивной подготовки и повышению его эффективности. К основным перспективным направлениям развития спортивной инженерии относятся:

- разработка информационно-измерительных устройств, с применением которых может выполняться оперативный контроль за физиологическими реакциями организма спортсмена на физическую нагрузку и спецификой выполнения спортивных упражнений, в том числе и в соревновательных условиях. Регулярный контроль основных и наиболее информативных параметров двигательной деятельности спортсменов обеспечивает сбор данных, анализ которых имеет большое значение для системы управления спортивной подготовкой. В настоящее время существует ряд информационно-измерительных устройств, представляющих собой датчики или сенсоры относительно малого размера, например, мониторы сердечного ритма, которые можно беспрепятственно использовать в естественном учебно-тренировочном процессе и соревнованиях. Однако по-прежнему множество информативных параметров – таких, как уровень потребления кислорода или характеристики взаимодействия

спортсмена с опорой, в большинстве случаев измеряются в специально организованных лабораторных условиях, что не позволяет в точности воспроизвести специфику соревновательных нагрузок и осуществлять ежедневный контроль;

- совершенствование спортивной одежды, инвентаря и оборудования. Не секрет, что в ряде видов спорта рост соревновательных результатов в последние десятилетия был вызван в первую очередь улучшением свойств продуктов данных категорий, чем развитием методики тренировок. Инновационные образцы спортивной одежды или инвентаря с улучшенными эргогенными свойствами часто позволяют получить спортсменам решающее конкурентное преимущество в борьбе за медали;
- разработка систем анализа данных и экспертных систем, основанных на алгоритмах машинного обучения и обеспечивающих интеллектуальный анализ информации, полученной из различных источников. Подобные технологии открывают новые возможности для анализа и интерпретации данных спортивной деятельности, выходящие за рамки человеческого наблюдения и стандартных методов математической статистики;
- разработка цифровых моделей, отражающих состояние спортсмена и/или сравнительный анализ текущего уровня спортивного мастерства с целевой (идеальной) моделью соревновательной деятельности. Такая информация призвана повысить уровень качества принимаемых тренером решений при планировании учебно-тренировочного процесса.

Однако реализация перечисленных возможностей может быть осуществлена только при наличии в достаточной степени подготовленных специалистов [5]. Необходимо признать, что даже тренер высочайшей квалификации не всегда способен грамотно использовать инновационные технологии в своей практике. К примеру, информация, полученная с применением информационно-измерительных систем, может включать большое число переменных, что усложняет анализ и интерпретацию результатов измерений. С другой стороны, специалисты из других отраслей не всегда понимают специфику конкретного вида спорта. Таким образом, существует риск потери доверия тренеров и спортсменов к новым технологиям [6].

Один из вариантов решения данной проблемы видится в подготовке специалистов, обладающих необходимыми компетенциями на междисциплинарном уровне, что позволит реализовать на практике спортивную инженерию [7].

Как видно из рисунка, спортивная инженерия является связующим звеном между классической инженерией, спортивной наукой и медициной, а также спортивным оборудованием.



Междисциплинарные связи спортивной инженерии (цвет онлайн)

Fig. Interdisciplinary links of sports engineering (color online)

Врачи спортивной медицины выявляют физиологические проблемы, связанные с занятиями спортом, а спортивные инженеры работают с производителями спортивного оборудования над проектированием и разработкой технологий для решения проблем пользователя или повышения его производительности. В результате спортивная инженерия в ходе взаимодействия специалистов с производителями спортивного оборудования позволяет разрабатывать новые и более совершенные продукты [8].

В настоящее время спортивных инженеров готовят в ряде университетов Великобритании, Австралии, Германии и Японии. На постсоветском пространстве таким заведением является Белорусский национальный технический университет, в котором более 10 лет ведется целенаправленная подготовка инженерных кадров для отрасли физической культуры и спорта. Обучение студентов осуществляется по направлениям «Техническое обеспечение эксплуатации спортивных объектов» и «Конструирование и производство

спортивной техники» в рамках учебных дисциплин, предусмотренных образовательными стандартами в разрезе интегрированных междисциплинарных, инженерно-технических и спортивно-педагогических знаний, умений и навыков. Формированию инновационных подходов в подготовке специалистов, интеграции образовательных и научно-технических технологий способствует созданный Белорусским государственным университетом физической культуры и Белорусским национальным техническим университетом научно-образовательный кластер «Интеллектуальные технологии в спорте».

Не подлежит сомнению тот факт, что Россия также не должна оставаться в стороне от этих мировых процессов. Поскольку с уверенностью можно утверждать, что в будущем элитном спорте без спортивных инженеров достижение результатов, превышающих сегодняшние, рекорды будут практически невозможны. Подготовка таких кадров будет способствовать цифровой трансформации спортивной отрасли в соответствии с задачами, установленными в «Стратегии развития физической культуры и спорта в РФ до 2030 года» [9] и «Стратегии развития сотрудничества государств – участников Содружества Независимых Государств в области физической культуры и спорта на 2021–2030 годы» [10].

По мнению авторов, на пути развития спортивной инженерии в России следует использовать междисциплинарную концепцию, которая предполагает подготовку специализированных инженерных кадров не только для обеспечения жизнедеятельности современных спортивно-зрелищных комплексов, насыщенных «умными» информационно-измерительными системами, но и разработку других интеллектуальных технических средств для фитнеса и спорта.

Важность первого направления определяется тем, что инженеры, которые способны создавать и управлять экосистемой спортивных комплексов, являются очень востребованной и дефицитной профессией, поскольку согласно прогнозам рынок цифровых и подключенных площадок (или «умных стадионов») предлагает широкий спектр возможностей для бизнеса и, как ожидается, будет расти более чем на 22% в год в период с 2022 по 2027 г. во всем мире [11].

В рамках второго направления востребованность специалистов важна, поскольку спортивные инженеры должны быть включены

в процесс регулирования использования цифровых инноваций для каждого отдельного вида спорта и физической активности, независимо от того, является это выступлением на международных соревнованиях или предполагает обычные занятия в фитнес-зале. В данном случае они будут осуществлять горизонтное сканирование в поисках новых технологических разработок, способных улучшить спорт, а также помогать прогнозировать последствия технологического вмешательства [12]. Эти специально подготовленные инженеры смогут дать рекомендации по использованию или неиспользованию технологии, основываясь на надежных доказательствах.

Базой этой междисциплинарной концепции являются три основных направления науки и техники:

- 1) классическая инженерия: математика, естественные науки и решение проблем;
- 2) спортивная наука и медицина: знания о видах спорта, спортсменах и функциях организма;
- 3) разработка продуктов: творческий подход, инновации и работа с потребителями.

Преимуществом данной концепции является объединение трех синергетических областей: инженерного дела, спортивной науки и медицины, а также разработки продукции, что в целом будет повышать эффективность занятия спортом.

Для имплементации на практике предложенной концепции в процессе разработки учебных программ специализированным образовательным учреждениям следует интегрировать базовую систему обучения на основе собственных преимуществ с другими профессиональными курсами, которые необходимы для реализации проектов в области современного спорта.

В данном контексте предлагаем при подготовке спортивных инженеров выделять такие составляющие блоки обучения, как:

- 1) биомеханика, приборы, датчики, мехатроника, Matlab;
- 2) проектирование и тестирование спортивного оборудования, разработка графических интерфейсов;
- 3) спортивная аэро- и гидродинамика, проектирование стадионов и многофункциональных спортивных залов;
- 4) биоматериалы, пластики и керамика, композиты, механика твердого тела;
- 5) структура и механика опорно-двигательного аппарата.

Благодаря выделению таких блоков студенты будут сочетать фундаментальную подготовку в одной области (в основном инженерной, а также в области математики, биомедицины, биологии, информатики и т. д.) с курсовыми и исследовательскими работами в области биоинженерии, биологии, физики и других инженерных и научных дисциплин, имеющих отношение к спортивной технике и технологиям.

Также критически важным является формирование научно-педагогического состава тремя блоками специалистов: преподавателями традиционных дисциплин (инженерных и гуманитарных), преподавателями из медико-биологической сферы и специалистами в области информационных технологий. Этот факт придаст программе уникальность, комплексность и междисциплинарность.

Отдельный акцент в рамках обучения спортивных инженеров необходимо сделать на построении системы оценки качества подготовки специалистов.

В эпоху информационных технологий новые и высокие технологии быстро обновляются. Спортивная инженерия, являясь разновидностью новых и высоких технологий, также будет меняться вместе с развитием общества. Поэтому при подготовке специалистов в данной области необходимо на регулярной основе оценивать качество тренировочного эффекта в процессе исследования, а затем по мере необходимости осуществлять реформирование [13]. В последнее время в оценке качества подготовки специалистов выделяют два аспекта. Во-первых, оценка степени достижения целей обучения и степени удовлетворения целей обучения потребностям развития отрасли. Во-вторых, анализ уровня успеваемости студентов по окончании обучения и соответствия выпускных требований целям обучения [14].

Для проведения оценки можно использовать передовой международный опыт, который предполагает применение трехзвенной системы:

- создание в учебном заведении соответствующих независимых структур, для комплексной оценки знаний и навыков выпускников, а также степени соответствия целям обучения;
- проведение образовательным учреждением обследования трудоспособности, профессиональных способностей, экологической адаптации выпускников и других аспектов их профессиональной активности путем контактирования с предприятиями

и компаниями, где они проходят практику или работают;

- изучение ситуации с трудоустройством и уровнем безработицы среди выпускников [15].

Одним из способов поддержания необходимого уровня технического обеспечения спорта для достижения высоких спортивных результатов могут стать государственные заказы для инновационных предприятий и инжиниринговых спортивных центров. Важным фактором сохранения конкурентоспособности отечественных атлетов на мировой арене будет создание на основе имеющегося научно-технического потенциала собственных импортозамещающих разработок в области спортивной инженерии, в том числе и совместных, с привлечением квалифицированных специалистов из дружественных стран.

Новым этапом в подготовке специализированных инженерных кадров для отрасли спорта в Российской Федерации с 2023/2024 учебного года станет межсетевое взаимодействие между ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» и Белорусским национальным техническим университетом. В рамках реализации образовательных программ планируется совместная подготовка специалистов по программе магистратуры 49.04.01\_02 «Технические средства и цифровые технологии в работе тренера при подготовке спортсменов», разработанной на базе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 49.04.01 «Физическая культура».

## **Выводы**

Спортивная инженерия – это новая, но быстро расширяющаяся область, которая привлекает большой интерес и инвестиции со стороны профессиональных спортивных клубов, производителей спортивной одежды и оборудования, создателей приложений для здоровья и благополучия, а также разработчиков носимых технологий. Спортивные инженеры используют свои навыки и знания для разработки материалов, продуктов и систем, которые помогают спортсменам достигать высочайшего уровня и позволяют спорту стать более доступным для всех.

Соответственно, обозначенные тенденции предопределяют повышенный спрос и востребованность профильных специалистов, а значит, и развитие системы их подготовки в специ-

ализированных учебных заведениях. Важным следствием успешной реализации подобных образовательных проектов станет разработка систем обслуживания учебно-тренировочного процесса ведущих спортивных команд, в которых инновационные технологические продукты являются важнейшей частью материального обеспечения и научного сопровождения спортивной подготовки, а эксплуатацией данных продуктов занимаются специалисты, в достаточной степени осведомленные о возможностях и особенностях использования современных технологий на практике. Трансформация спортивной подготовки, основанная на широком использовании возможностей спортивной инженерии, будет способствовать более полной реализации потенциала спортсменов и тренеров. Кроме того, наличие квалифицированных спортивных инженеров имеет решающее значение для успешной междисциплинарной работы, необходимой для разработки инновационных проектов с инженерной составляющей в спорте.

В свете вышеизложенного создание инженерных спортивных специальностей в учебных заведениях России имеет на сегодняшний день высокую научно-практическую значимость. Для достижения поставленной цели на пути развития спортивной инженерии предложено использовать междисциплинарную концепцию, отличительной чертой и преимуществом которой является объединение трех синергетических областей: инженерного дела, спортивной науки и медицины, а также разработки продукции. Кроме того, выделено пять блоков обучения, которые должны составлять основу образовательных курсов. Отдельный акцент сделан на необходимости построения системы оценки качества подготовки специалистов и ее составляющих звеньях.

#### Список литературы

1. Lin H., Qiyuan D. Construction of sports engineering structures with high resistance to improve the quality of sports training // *Structural Engineering and Mechanics*. 2023. Vol. 86, № 2. P. 211–220. <https://doi.org/10.12989/sem.2023.86.2.211>
2. Попова О. В. Спорт в мире технологий: этос и биоэтика // *Знание. Понимание. Умение*. 2018. № 3. С. 102–111. <http://dx.doi.org/10.17805/zpu.2018.3.9>
3. Allen T., Goff J. E. Resources for sports engineering education // *Sports Engineering*. 2018. Vol. 21, № 4. P. 245–253. <https://doi.org/10.1007/s12283-017-0250-1>
4. Marck A., Antero J., Berthelot G., Saulière G., Jancovici J.-M., Masson-Delmotte V., Boeuf G., Spedding M., Le Bourg É., Toussaint J.-F. Are we reaching the limits of *Homo sapiens*? // *Frontiers in Physiology*. 2017. Vol. 1, № 8. Article 812. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00812>
5. Лубышева Л. И. Технологизация педагогического процесса в спорте на основе цифровой трансформации // *Теория и практика физической культуры*. 2021. № 1. С. 101–110. <https://doi.org/10.24412/0040-3601-2021-1-101-110>
6. Kong F., Ren S. Analysis on the influence of nanotechnology development on sports health industry // *International Journal of Nanotechnology*. 2023. Vol. 19, № 6-11. P. 1034–1044. <https://doi.org/10.1504/IJNT.2022.128986>
7. Дышко Б. А., Васюк В. Е. Спортивный инжиниринг – новые реалии современного спорта // *Теория и практика физической культуры*. 2015. № 11. С. 103–104.
8. Maw S., Allen T. Sports engineering education // *Sports Engineering*. 2018. Vol. 21. P. 243–247. <https://doi.org/10.1007/s12283-018-0287-9>
9. Распоряжение Правительства Российской Федерации «Об утверждении Стратегии развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2030 года» от 24 ноября 2020 года № 3081-р. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566430492?marker=6580IP> (дата обращения: 18.08.2023).
10. Решение Совета глав правительств Содружества Независимых Государств «О Стратегии развития сотрудничества государств – участников Содружества Независимых Государств в области физической культуры и спорта на 2021–2030 годы» от 29 мая 2020 г. // Единый реестр правовых актов и других документов Содружества Независимых Государств. 2020. 19 с. URL: <https://e-cis.info/> (дата обращения: 18.08.2023).
11. Seo K. Special issue on JSME symposium: Sports engineering and human dynamics // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part P. Journal of Sports Engineering and Technology*. 2023. Vol. 237, № 2. P. 77–78. <https://doi.org/0.1177/17543371231169447>
12. Гахария Т. Н. Особенности спортивной инженерии в условиях цифровой экономики // *Цифровая экономика – образованию и науке Союзного государства Беларуси и России: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. Минск : Изд-во БГАТУ, 2020. С. 61–63.*
13. Frank B., Donnelly C. Conducting research in sports engineering education // *Sports Engineering*. 2018. Vol. 21. P. 255–265. <https://doi.org/10.1007/s12283-018-0277-y>
14. Калантарлы Н. М. Инновационные спортивные технологии через междисциплинарные исследования // *Научный вестник Академии физической культуры и спорта*. 2021. Т. 3, № 4. С. 227–232.
15. Wang B. Research on the Application of Sports Biomechanics in Improving Athletes' Physical Fitness in Track and Field Physical Education Courses // *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*. 2023. Vol. 23 (3). P. 224–226. <https://doi.org/10.1142/S0219519422400164>

#### References

1. Lin H., Qiyuan D. Construction of sports engineering structures with high resistance to improve the quality of sports training. *Structural Engineering and Mechanics*, 2023,

- no. 86, no. 2, pp. 211–220. <https://doi.org/10.12989/sem.2023.86.2.211>
2. Popova O. V. Sport in the world of technology: ethos and biopolitics. *Knowledge. Understanding. Skill*, 2018, no. 3, pp. 102–111 (in Russian). <http://dx.doi.org/10.17805/zpu.2018.3.9>
3. Allen T., Goff J. E. Resources for sports engineering education. *Sports Engineering*, 2018, vol. 21, no. 4, pp. 245–253. <https://doi.org/10.1007/s12283-017-0250-1>
4. Marck A., Antero J., Berthelot G., Saulière G., Jancovici J.-M., Masson-Delmotte V., Boeuf G., Spedding M., Le Bourg É., Toussaint J.-F. Are we reaching the limits of *Homo sapiens*? *Frontiers in Physiology*, 2017, vol. 1, no. 8, article 812. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00812>
5. Lubysheva L. I. Technologization of the pedagogical process in sports based on digital transformation. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury*, 2021, no. 1, pp. 101–110 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/0040-3601-2021-1-101-110>
6. Kong F., Ren S. Analysis on the influence of nanotechnology development on sports health industry. *International Journal of Nanotechnology*, 2023, vol. 19, no. 6–11, pp. 1034–1044. <https://doi.org/10.1504/IJNT.2022.128986>
7. Dyshko B. A., Vassiouk V. E. Sports engineering – new realities of modern sports. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury*, 2015, no. 11, pp. 103–104 (in Russian).
8. Maw S., Allen T. Sports engineering education. *Sports Engineering*, 2018, vol. 21, pp. 243–247. <https://doi.org/10.1007/s12283-018-0287-9>
9. *On approval of the Strategy for the Development of Physical Culture and Sports in the Russian Federation for the period until 2030, Order of the Government of the Russian Federation No. 3081-r dated 24 November, 2020* (in Russian). Available at: <https://docs.cntd.ru/document/566430492?marker=6580IP> (accessed August 18, 2023).
10. On the Strategy for the development of cooperation between member states of the Commonwealth of Independent States in the field of physical culture and sports for 2021–2030, Decision of the Council of Heads of Government of the Commonwealth of Independent States dated May 29, 2020. *Edinyj reestr pravovyh aktov i drugih dokumentov Sodruzhestva Nezavisimyh Gosudarstv* (Unified register of legal acts and other documents of the Commonwealth of Independent States), 2020. 19 p. Available at: <https://e-cis.info/> (accessed August 18, 2023). (in Russian).
11. Seo K. Special issue on JSME symposium: Sports engineering and human dynamics. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part P. Journal of Sports Engineering and Technology*, 2023, vol. 237, no. 2, pp. 77–78. <https://doi.org/10.1177/17543371231169447>
12. Gakharija T. N. Features of sports engineering in a digital economy. In: *Tsifrovaja jekonomika – obrazovaniju i nauke Sojuznogo gosudarstva Belarusi i Rossii: sb. st. mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Digital economy – education and science of the Union State of Belarus and Russia: Collection of articles international scientific-practical conf.]. Minsk, Belarusian State Agrarian Technical University Publ., 2020, pp. 61–63 (in Russian).
13. Frank B., Donnelly C. Conducting research in sports engineering education. *Sports Engineering*, 2018, vol. 21, pp. 255–265. <https://doi.org/10.1007/s12283-018-0277-y>
14. Kalantarly N. M. Innovative sports technologies in interdisciplinary research. *Scientific Bulletin of the Academy of Physical Culture and Sports*, 2021, vol. 3, no. 4, pp. 227–232 (in Russian).
15. Wang B. Research on the application of sports biomechanics in improving athletes' physical fitness in track and field physical education courses. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 2023, vol. 3, pp. 224–226. <https://doi.org/10.1142/S0219519422400164>

Поступила в редакцию 21.09.2023; одобрена после рецензирования 28.09.2023; принята к публикации 20.10.2023  
The article was submitted 21.09.2023; approved after reviewing 28.09.2023; accepted for publication 20.10.2023