

## Научная статья

УДК 796.012.2

DOI: 10.25683/VOLBI.2026.75.1605

Pavel Pavlovich Dudchenko

Candidate of Pedagogy, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Theory  
and Methods of Physical Culture,  
Tula State  
Lev Tolstoy Pedagogical University  
Tula, Russian Federation  
pasith@mail.ru

Павел Павлович Дудченко

канд. пед. наук, доцент,  
доцент кафедры теории  
и методики физической культуры,  
Тулский государственный  
педагогический университет им. Л. Н. Толстого  
Тула, Российская Федерация  
pasith@mail.ru

## ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА TRANSFORMER-АРХИТЕКТУРЫ В УПРАВЛЕНИИ РАЗВИТИЕМ СКОРОСТНОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ ПЛОВЦОВ В ЛАСТАХ НА ЭТАПЕ УГЛУБЛЕННОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ

5.8.5 — Теория и методика спорта

**Аннотация.** Статья посвящена апробации цифрового аналитического контура на основе моделей искусственного интеллекта Transformer-архитектуры в подготовке пловцов в ластах 15–16 лет на этапе углубленной специализации. Основное внимание сосредоточено на включении интеллектуального помощника тренера в планирование и текущую коррекцию средств, направленных на развитие скоростной выносливости. Апробация применения цифрового аналитического контура на основе модели искусственного интеллекта Transformer-архитектуры прошла в 2025 г. на базе ГУ ДО ТО «Областная комплексная спортивная школа олимпийского резерва» г. Тулы. В исследовании приняли участие 30 пловцов в ластах со стажем занятий не менее 8 лет и квалификацией — первый спортивный разряд и кандидат в мастера спорта. С учетом исходного результата на дистанции 100 м спортсменов распределили на контрольную ( $n = 15$ ) и экспериментальную ( $n = 15$ ) группы. В экспериментальной группе тренер-преподаватель использовал цифровые инструменты, в т. ч. аналитический модуль на базе Transformer-модели, обрабатывавший тренировочные журналы, сплит-времена, показатели частоты сердечных сокращений, субъективные оценки нагрузки и краткие текстовые отчеты спортсменов. На основе этой информации формирова-

лись рекомендации по структуре микроцикла, плотности скоростно-выносливостной работы и характеру коррекции ключевых заданий. Эффективность подхода оценивали по результату 100 м плавания в ластах, времени финишного сегмента 25 м, индексу скоростного снижения в тесте 6×25 м, показателям lnRMSSD и субъективной оценке нагрузки. После завершения программы в экспериментальной группе установлено более выраженное улучшение спортивно значимых показателей. Время 100 м сократилось на 3,1 %, время заключительных 25 м уменьшилось на 4,9 %, индекс скоростного снижения снизился на 15,7 %, при этом восстановительный фон оказался более благоприятным. Полученные данные показывают, что включение Transformer-модели в аналитическую поддержку тренера повышает точность индивидуализации нагрузки и способствует более устойчивой реализации скорости во второй половине дистанции.

**Ключевые слова:** плавание в ластах, скоростная выносливость, этап углубленной специализации, цифровые технологии в спорте, Transformer-модели, интеллектуальный помощник тренера, управление тренировочным процессом, спортивная подготовка, индивидуализация нагрузки, вариабельность сердечного ритма, субъективная оценка нагрузки / RPE

**Для цитирования:** Дудченко П. П. Применение моделей искусственного интеллекта Transformer-архитектуры в управлении развитием скоростной выносливости пловцов в ластах на этапе углубленной специализации // Бизнес. Образование. Право. 2026. № 2(75). С. 404—409. DOI: 10.25683/VOLBI.2026.75.1605.

## Original article

## APPLICATION OF TRANSFORMER-ARCHITECTURE ARTIFICIAL INTELLIGENCE MODELS IN MANAGING THE DEVELOPMENT OF SPEED ENDURANCE IN FINSWIMMERS AT THE STAGE OF ADVANCED SPECIALIZATION

5.8.5 — Theory and methodology of sports

**Abstract.** The article is devoted to the approbation of a digital analytical framework based on Transformer-architecture artificial intelligence models in training 15–16-year-old finswimmers at the stage of advanced specialization. The focus is on integrating an intelligent coach assistant into the planning and ongoing correction of training means aimed

at developing speed endurance. The approbation of the digital analytical framework based on a Transformer-architecture artificial intelligence model was conducted in 2025 at the Tula Regional Comprehensive Sports School of Olympic Reserve. The study involved 30 finswimmers with at least eight years of training experience and qualifications of First Class

and Candidate for Master of Sports. Based on their initial 100 m performance, the athletes were divided into a control group (CG,  $n = 15$ ) and an experimental group (EG,  $n = 15$ ). In the EG, the coach used digital tools, including an analytical module based on a Transformer model, which processed training logs, split times, heart rate indicators, subjective load assessments, and brief text reports from the athletes. Based on this information, recommendations were generated regarding the microcycle structure, the density of speed-endurance work, and the nature of correction of key training tasks. The effectiveness of the approach was assessed by the 100 m finswimming result, the time of the final 25 m segment, the speed decrement index in the 6×25 m test, lnRMSSD indicators, and the rating of perceived exertion. After the completion of the program,

the EG showed more pronounced improvements in sport-specific indicators. The 100 m time decreased by 3.1%, the final 25 m time decreased by 4.9%, and the speed decrement index decreased by 15.7%, while the recovery background proved to be more favorable. The obtained data indicate that incorporating a Transformer model into the analytical support of the coach increases the accuracy of load individualization and contributes to more stable speed realization in the second half of the race.

**Keywords:** finswimming, speed endurance, advanced specialization stage, digital technologies in sport, Transformer models, intelligent coach assistant, training process management, sports training, load individualization, heart rate variability, rating of perceived exertion / RPE

**For citation:** Dudchenko P. P. Application of Transformer-architecture artificial intelligence models in managing the development of speed endurance in finswimmers at the stage of advanced specialization. *Biznes. Obrazovanie. Pravo = Business. Education. Law.* 2026;2(75):404—409. DOI: 10.25683/VOLBI.2026.75.1605.

### Введение

**Актуальность.** Современное плавание в ластах относится к числу интенсивно развивающихся видов спорта, в которых спортивный результат определяется уровнем специальной подготовленности, точностью техники и способностью сохранять высокую скорость в условиях нарастающего утомления. На этапе углубленной специализации значение этих факторов особенно возрастает, поскольку именно в данный период повышается роль точного дозирования физической нагрузки и закрепляются предпосылки дальнейшего спортивного совершенствования. Наиболее отчетливо это проявляется на спринтерских и смежных дистанциях, где вторая половина заплыва позволяет наиболее полно судить об уровне скоростной выносливости пловца в ластах.

Развитие скоростной выносливости у спортсменов 15—16 лет требует от тренера-преподавателя точного подбора объема и интенсивности работы, пауз отдыха и восстановительных воздействий. Даже при сходных параметрах тренировочного задания реакции спортсменов могут существенно различаться: у одних сохраняется устойчивость темпа и двигательного ритма, у других проявляются признаки перегрузки и ухудшается прохождение второй половины дистанции. Это усиливает значимость поиска средств, повышающих точность управления тренировочным процессом.

**Изученность проблемы.** Различные аспекты цифровизации спортивной подготовки, использования искусственного интеллекта, аналитических систем и средств мониторинга в плавании и смежных видах спорта исследовали зарубежные ученые: Дж. Каррард, Д. Карвалью, М. Рейман, С. Сельес-Перес, Г. Ван и др. Активно ведут научные изыскания по вопросам цифрового сопровождения тренировочного процесса, применения искусственного интеллекта в спорте, мониторинга функционального состояния спортсменов и совершенствования подготовки пловцов в ластах такие отечественные ученые, как О. Ю. Запелалов, В. Е. Кузнецова, П. П. Дудченко, Ф. А. Иорданская и др. В данной связи показательным замечанием С. Ч. Ачиловой о том, что «современный спорт немислим без систем сбора, обработки и анализа больших данных (*Big Data*), которые собираются непрерывно. Спортсмены используют высокоточные носимые гаджеты, специальные биометрические браслеты и сен-

соры, интегрированные в экипировку, которые в реальном времени фиксируют множество физиологических и биомеханических показателей их состояния» [1, с. 119].

Существенный вклад в разработку вопросов, связанных с цифровизацией спортивной подготовки, применением искусственного интеллекта и аналитических моделей в спорте, внесли как зарубежные, так и отечественные авторы. В отечественной литературе внимание уделяется как общим вопросам внедрения искусственного интеллекта в спорт, так и более частным аспектам цифрового сопровождения подготовки спортсменов. Так, О. Ю. Запелалов [2], В. Е. Кузнецова и М. Н. Скидан [3] рассматривают потенциал и проблемные стороны использования искусственного интеллекта в спортивной сфере. И. Ю. Горская [4] и Ф. А. Иорданская [5] акцентируют значение цифрового мониторинга состояния спортсменов, тогда как нами в предыдущих публикациях [6; 7] были раскрыты вопросы совершенствования и управления тренировочным процессом пловцов в ластах. Возможности машинного обучения для прогнозирования спортивного результата раскрываются в работе Е. А. и Н. В. Сауровых и С. Н. Морозова [8]. Вопросы выявления и коррекции технических ошибок у пловцов представлены в исследовании И. М. Сазоновой и Т. Г. Апариевой [9], тогда как В. Р. Соломатин [10] и А. А. Эльтемеров [11] анализируют особенности тренировочного воздействия и повышения эффективности подготовки с использованием современных технологий.

Среди зарубежных исследователей заметное место занимают работы, посвященные аналитическому сопровождению плавательной подготовки и интерпретации спортивного результата на основе цифровых решений. Дж. Каррард, П. Клоучек и Б. Гоянович [12] рассматривают моделирование тренировочной адаптации в плавании. Д. Карвалью, М. Ф. Гётел, А. Ж. Силва, Ж. П. Вилаш-Боаш, Д. Б. Пайн и Р. Ж. Фернандеш [13] раскрывают возможности объяснимого искусственного интеллекта в анализе тренировочных переменных и спортивного результата. М. Рейман и П. Шкудлярек [14] исследуют параметры цикла и скорости в плавании в моноласте, С. Сельес-Перес, Х. Аревало, Ч. Альтавила, Д. Х. Герреро и Р. Сехуэла [15] изучают влияние тренировок с ластами на результативность юных пловцов, а Г. Ван [16] показывает перспективы мультимедального интеллектуального сопровождения плавательной подготовки.

Вместе с тем до настоящего времени сохраняется ряд вопросов, связанных с педагогической интерпретацией возможностей моделей искусственного интеллекта применительно к развитию скоростной выносливости пловцов в ластах на этапе углубленной специализации. Имеющиеся публикации либо сосредоточены на общих вопросах цифровизации спорта, мониторинга и анализа данных, либо рассматривают отдельные стороны плавательной подготовки, техники движений, функционального контроля и прогностической аналитики. При этом в научной литературе пока недостаточно полно раскрыт вопрос использования моделей *Transformer*-архитектуры именно как инструмента педагогической поддержки тренера-преподавателя, способного объединять в едином аналитическом контуре сплит-времени, показатели восстановления, субъективную оценку нагрузки и текстовые сообщения спортсменов о самочувствии для последующей коррекции тренировочного воздействия.

Всё это определяет необходимость дальнейшего исследования заявленной проблемы. Существенным фактором ее актуализации выступает расширение цифровой среды спорта, рост объема разнородных тренировочных данных и потребность в таких инструментах анализа, которые не подменяют решение тренера-преподавателя, а повышают его обоснованность при управлении развитием скоростной выносливости пловцов в ластах.

**Цель** исследования состояла в теоретическом обосновании и экспериментальной апробации применения моделей искусственного интеллекта *Transformer*-архитектуры как интеллектуального помощника тренера-преподавателя в управлении развитием скоростной выносливости пловцов в ластах 15—16 лет на этапе углубленной специализации.

**Задача** исследования заключалась в определении влияния цифрового аналитического модуля на основе *Transformer*-модели на показатели, отражающие устойчивость соревновательной скорости, качество прохождения финишного отрезка и характер восстановительных реакций у пловцов в ластах.

**Гипотеза** исследования строилась на предположении о том, что включение *Transformer*-модели в контур тренерского сопровождения обеспечит более точную индивидуализацию скоростно-выносливостной нагрузки и будет способствовать более выраженному улучшению результата на дистанции 100 м плавания в ластах, параметров финишного сегмента и показателей функционального состояния по сравнению с традиционной организацией подготовки.

**Научной новизной** обладают следующие результаты исследования:

- теоретически обоснована возможность применения моделей искусственного интеллекта *Transformer*-архитектуры в качестве интеллектуального помощника тренера-преподавателя при управлении развитием скоростной выносливости пловцов в ластах 15—16 лет на этапе углубленной специализации;

- разработан и апробирован цифровой аналитический контур, интегрирующий данные электронного тренировочного журнала, сплит-времени контрольных серий, показатели частоты сердечных сокращений, значения variability сердечного ритма, субъективную оценку нагрузки и текстовые сообщения спортсменов о самочувствии для последующей коррекции параметров тренировочного воздействия;

- установлено, что включение *Transformer*-модели в контур тренерского сопровождения способствует более выраженному улучшению результата на дистанции 100 м плавания в ластах, показателей финишного сегмента, индекса скоростного снижения и восстановительных характеристик по сравнению с традиционной организацией подготовки.

**Теоретическая значимость** исследования состоит в расширении научных представлений о возможностях педагогически ориентированного применения моделей искусственного интеллекта в системе подготовки пловцов в ластах на этапе их углубленной специализации. Полученные материалы уточняют подходы к пониманию скоростной выносливости как управляемого качества, развитие которого должно рассматриваться в единстве соревновательной скорости, параметров финишного сегмента, восстановительных реакций и субъективного восприятия нагрузки. Существенное значение имеет и то, что в исследовании обоснована возможность интеграции разнородных тренировочных данных в единый аналитический контур, расширяющий теоретические основания педагогического контроля и индивидуализации тренировочного процесса в плавании в ластах.

**Целесообразность разработки темы** обусловлена как потребностями современной спортивной практики, так и логикой развития цифровизации тренировочного процесса. Тренер-преподаватель всё чаще работает в условиях избытка разнородной информации, однако наличие большого массива данных само по себе не гарантирует повышения качества педагогического решения. Существенное значение приобретает не только сбор показателей, но и их оперативное объединение в единую аналитическую систему, позволяющую своевременно выявлять признаки благоприятной адаптации, локального перенапряжения, ухудшения финишного сегмента и несоответствия между запланированной и фактически переносимой нагрузкой.

В этом отношении особый интерес представляют модели *Transformer*-архитектуры, способные учитывать одновременно числовые данные, текстовые описания самочувствия, сведения о выполнении упражнений и последовательность предшествующих тренерских решений. Для подготовки пловцов в ластах такая модель может выступать в качестве интеллектуального помощника тренера-преподавателя, повышающего обоснованность коррекции тренировочных параметров. Следовательно, разработка и апробация подхода, в котором цифровой аналитический модуль используется как средство педагогической поддержки управления скоростной выносливостью, представляется своевременной и практически значимой.

**Практическая значимость** исследования определяется возможностью использования разработанного цифрового аналитического контура в реальной деятельности тренера-преподавателя при планировании и коррекции скоростно-выносливостной подготовки пловцов в ластах 15—16 лет. Применение предложенного подхода позволяет своевременно выявлять признаки перегрузки, точнее соотносить объем и интенсивность специальных упражнений с текущим состоянием спортсменов, а также повышать обоснованность решений по изменению темпа, числа повторений, длительности интервалов отдыха и распределения акцентов по дистанции. Материалы исследования могут быть использованы в практике спортивных школ, при разработке программ педагогического контроля и в дальнейшем совершенствовании цифрового сопровождения подготовки пловцов в ластах.

### Основная часть

**Методология исследования.** Апробация применения цифрового аналитического контура на основе модели искусственного интеллекта *Transformer*-архитектуры проходила в 2025 г. на базе ГУ ДО ТО «Областная комплексная спортивная школа олимпийского резерва» г. Тулы. В экспериментальной работе приняли участие 30 пловцов в ластах в возрасте 15—16 лет, имеющие стаж занятий не менее 8 лет и квалификацию — первый спортивный разряд и кандидаты в мастера спорта. С учетом исходного результата на дистанции 100 м спортсменов распределили на контрольную ( $n = 15$ ; далее — КГ) и экспериментальную ( $n = 15$ ; далее — ЭГ) группы. Исходный уровень подготовленности групп находился в сопоставимом диапазоне.

Программа развития скоростной выносливости пловцов в ластах с использованием цифрового аналитического контура реализовывалась в течение восьми недель. Она была встроена в тренировочный мезоцикл, который ориентирован на сохранение соревновательной направленности подготовки пловцов в ластах. Учебно-тренировочные занятия проводились ежедневно с одним выходным (воскресенье) два раза в день. В КГ применялась обычная для данного этапа схема с интервальными заданиями, серийным проплыванием отрезков, технической работой и силовой подготовкой на суше. В ЭГ общая направленность микроцикла сохранялась, но пять занятий в неделю строились с учетом данных цифрового аналитического контура.

В содержание этих учебно-тренировочных занятий пловцов в ластах встраивались серии специальной скоростно-выносливостной работы на отрезках 25, 50 и 100 м. Основной акцент переносился на удержание соревновательного темпа во второй половине дистанции, стабилизацию частоты движений и сохранение эффективности финишного ускорения. По ходу мезоцикла изменялись плотность заданий, длина активных пауз и объем повторной работы. Коррекция параметров в ЭГ осуществлялась на основе рекомендаций интеллектуального помощника тренера-преподавателя.

Аналитический модуль функционировал на основе модели искусственного интеллекта *Transformer*-архитектуры и использовался как инструмент педагогической поддержки тренера-преподавателя. В систему загружались данные электронного тренировочного журнала, сплит-времена контрольных серий, показатели частоты сердечных сокращений, утренние значения вариабельности сердечного ритма и субъективная оценка нагрузки по шкале *RPE*. Дополнительно учитывались краткие текстовые сообщения спортсменов о самочувствии, качестве восстановления и переносимости предыдущей работы. На выходе тренер-преподаватель получал краткий аналитический отчет с оценкой уровня готовности спортсмена, вероятности перегрузки, динамики по отношению к предыдущему микроциклу и рекомендациями по коррекции объема повторений, длительности интервалов отдыха, целевого темпа и распределения акцентов между первой и второй половиной дистанции.

Использование цифрового помощника организовывалось в логике тренерского сопровождения. Итоговое решение о содержании занятия, переносе акцентов и степени изменения заданий принимал тренер-преподаватель с учетом техники спортсмена, особенностей группы и задач текущего этапа. Подобная практика позволяла сохранить педагогическую управляемость учебно-тренировочного процесса развития скоростной выносливости пловцов в ластах и в то же время повысить глубину анализа поступающей информации.

Эффективность программы оценивали до ее начала и после завершения по следующим показателям. Анализировалось время прохождения дистанции 100 м плавания в ластах, время заключительного сегмента 25 м, индекс скоростного снижения в тесте  $6 \times 25$  м с интервалом отдыха 30 с, значения *lnRMSSD* как показатель восстановительного фона, а также средняя субъективная оценка нагрузки на основном занятии по развитию скоростной выносливости у пловцов в ластах. Проводился расчет средних значений и стандартных отклонений по исследуемым показателям с последующим сравнением между группами; уровень значимости принимался равным 0,05. Результаты представлены в таблице.

**Показатели скоростной выносливости пловцов в ластах до и после исследования**

Показатель	КГ ( $n = 15$ ), $M \pm \sigma$		ЭГ ( $n = 15$ ), $M \pm \sigma$		$t_{\text{межгрупп}}$	$p$
	до	после	до	после		
100 м плавание в ластах, с	39,39 ± 1,34	39,16 ± 1,29	39,36 ± 1,39	37,88 ± 1,21	5,66	<0,05
Финишный сегмент 25 м, с	9,47 ± 0,51	9,36 ± 0,49	9,44 ± 0,53	8,83 ± 0,45	3,33	<0,05
Индекс скоростного снижения в тесте $6 \times 25$ м, %	7,1 ± 1,7	6,8 ± 1,6	7,0 ± 1,8	5,9 ± 1,4	2,67	<0,05
<i>lnRMSSD</i> , усл. ед.	3,60 ± 0,18	3,64 ± 0,17	3,59 ± 0,17	3,72 ± 0,16	2,65	<0,05
<i>RPE</i> основного занятия, баллы	7,3 ± 0,8	7,1 ± 0,8	7,4 ± 0,8	6,7 ± 0,7	2,94	<0,05

**Результаты исследования.** После завершения исследования установлено, что изменения показателей у пловцов в ластах в КГ носили умеренный характер и в целом соответствовали обычному тренировочному эффекту, который был ожидаем в пределах восьминедельного тренировочного мезоцикла. Время проплывания 100 м в ластах улучшилось на 0,23 с, время финишного отрезка дистанции 25 м — на 0,11 с, а индекс скоростного снижения уменьшился на 0,3 процентного пункта. Эти сдвиги отражают положительное влияние систематической под-

готовки спортсменов, однако их выраженность остается ограниченной и не свидетельствует о существенном изменении механизмов удержания скорости на фоне нарастающего утомления.

В ЭГ у пловцов в ластах выявлены более выраженные положительные изменения, которые затронули как итоговый соревновательный результат, так и показатели, непосредственно характеризующие структуру проявления скоростной выносливости. Время прохождения дистанции 100 м уменьшилось на 1,48 с, или на 3,1 % от исходного

уровня, время финишного сегмента — на 0,61 с, или на 4,9 %, а индекс скоростного снижения в тесте 6×25 м сократился на 1,1 процентного пункта. Одновременно отмечено повышение *lnRMSSD* с 3,59 до 3,72 усл. ед. и снижение субъективной оценки нагрузки, что указывает на более благоприятный характер восстановительных реакций и более экономичное перенесение скоростно-выносливой работы.

Сопоставление итоговых значений КГ и ЭГ демонстрирует, что преимущество ЭГ носило не локальный, а системный характер. Более быстрое преодоление дистанции 100 м сочеталось у пловцов в ластах ЭГ с улучшением качества прохождения заключительного отрезка, т. е. именно той части соревновательной деятельности, которая в наибольшей степени отражает уровень развития скоростной выносливости. Существенно и то, что положительная динамика наблюдалась не только по внешним результативным критериям, но и по показателям функционального состояния спортсменов. Это усиливает доказательность полученных данных, поскольку улучшение спортивного результата сопровождалось более благоприятным восстановительным фоном и уменьшением субъективно воспринимаемой напряженности нагрузки.

В совокупности представленные изменения подтверждают выдвинутую гипотезу исследования о том, что включение *Transformer*-модели в контур тренерского сопровождения обеспечивает более точную индивидуализацию скоростно-выносливой нагрузки и способствует более выраженному улучшению спортивно значимых показателей по сравнению с традиционной организацией подготовки пловцов в ластах на этапе углубленной специализации. Полученные в процессе эксперимента результаты дают основание утверждать, что цифровой аналитический контур оказался особенно эффективным в тех компонентах подготовки, которые связаны с удержанием соревновательной скорости во второй половине дистанции, своевременной коррекцией параметров нагрузки и согласованием тренировочного воздействия с текущими адаптационными возможностями пловцов в ластах.

Следовательно, использование моделей искусственного интеллекта *Transformer*-архитектуры в качестве интеллектуального помощника тренера-преподавателя следует рассматривать как действенный инструмент педагогической поддержки управления развитием скоростной выносливости пловцов в ластах. Его применение обеспечило более

точную настройку объема и интенсивности работы, длительности интервалов отдыха и распределения акцентов по дистанции. Это дает основание рассматривать полученные различия между группами как результат более адресного и обоснованного управления учебно-тренировочным процессом пловцов в ластах.

Вместе с тем полученные результаты исследования следует рассматривать с учетом ограниченного объема выборки и продолжительности апробации. Дальнейшая работа может быть связана с расширением периода наблюдения, уточнением алгоритмов аналитической интерпретации тренировочных данных и более детальным анализом динамики второй половины дистанции.

### Выводы

Применение моделей искусственного интеллекта *Transformer*-архитектуры в режиме интеллектуального помощника тренера-преподавателя расширяет возможности управления развитием скоростной выносливости пловцов в ластах в возрасте 15—16 лет на этапе углубленной специализации. Целенаправленная интеграция цифрового аналитического контура в структуру восьминедельного тренировочного мезоцикла позволила точнее соотносить скоростно-выносливостные задания с текущим состоянием спортсменов и своевременно корректировать параметры наиболее важных тренировок.

Наиболее выраженный эффект проявился у пловцов в ластах в ЭГ. У спортсменов этой группы улучшились как итоговые показатели дистанционного результата, так и характеристики, отражающие устойчивость скорости под утомлением, качество прохождения финишного отрезка и характер восстановительных реакций. Снижение времени плавания на 100 м в ластах на 3,1 %, ускорение заключительных 25 м на 4,9 %, уменьшение индекса скоростного снижения на 15,7 %, повышение *lnRMSSD* и снижение субъективной оценки нагрузки подтверждают практическую значимость выбранного подхода.

Материалы исследования позволяют рассматривать *Transformer*-модель как рабочий инструмент педагогической аналитики в системе подготовки пловцов в ластах. Ее использование повышает обоснованность тренерских решений, усиливает адресность коррекции физической нагрузки и делает процесс развития скоростной выносливости более управляемым в условиях современного тренировочного цикла.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ачилова С. Ч., Оразгельдиева О. Спорт и технологии: эра цифровой трансформации и персонализации результатов // Наука и мировоззрение. 2025. № 59. С. 118—123.
2. Запелов О. Ю. Искусственный интеллект в спорте // Наука, техника и образование. 2024. № 1(93). С. 46—48.
3. Кузнецова В. Е., Скидан М. Н. Искусственный интеллект в спорте: проблемы и перспективы // Вестник науки и образования. 2025. № 9(164). Ч. 2. С. 11—14.
4. Горская И. Ю., Михалев В. И., Шмидт И. С., Баймакова Л. Г. Опыт использования мобильных технологий в мониторинге физического состояния спортсмена // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. 2022. № 10(212). С. 105—111.
5. Иорданская Ф. А. Цифровые технологии в мониторинге тренировочных и дистанционных процессов подготовки спортсменов и лиц, занимающихся физкультурой // Вестник спортивной науки. 2020. № 3. С. 31—44.
6. Дудченко П. П. Концепция совершенствования тренировочного процесса и развития плавания в ластах // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 5. Ч. 1. С. 138—143. DOI: 10.17513/snt.39161.
7. Дудченко П. П., Хмылова Д. А. Формирование новой культуры управления учебно-тренировочным процессом пловцов в ластах в условиях цифровизации спорта // Современные технологии в физическом воспитании и спорте : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Тула : Тул. гос. пед. ун-т им. Л. Н. Толстого, 2025. С. 88—92.

8. Сауров Е. А., Морозов С. Н., Саурова Н. В. Предсказание результатов в плавании в ластах с помощью машинного обучения и тренировочных данных // Молодые ученые : материалы Межрегион. науч. конф. М. : РГУФКСМиТ, 2020. С. 87—93.
9. Сазонова И. М., Апариева Т. Г. Выявление и исправление ошибок в технике движений юных пловцов как основа ее совершенствования // Recent Scientific Investigation : Proceedings of the XL International Multidisciplinary Conference. Shawnee, USA : Primedia E-launch, 2023. Pp. 26—32. DOI: 10.32743/UsaConf.2023.1.40.350411.
10. Соломатин В. Р. Особенности физиологического воздействия непрерывного и интервального методов тренировки на квалифицированных юных пловцов // Вестник спортивной науки. 2020. № 6. С. 52—55.
11. Эльтемеров А. А. Повышение эффективности обучения плаванию посредством цифровых технологий // Научно-педагогическое обозрение. Pedagogical Review. 2022. Вып. 5(45). С. 136—147. DOI: 10.23951/2307-6127-2022-5-136-147.
12. Carrard J., Kloucek P., Gojanovic B. Modelling Training Adaptation in Swimming Using Artificial Neural Network Geometric Optimisation // Sports. 2020. Vol. 8. Iss. 1. Art. 8. DOI: 10.3390/sports8010008.
13. Swimming Performance Interpreted through Explainable Artificial Intelligence (XAI)—Practical Tests and Training Variables Modelling / D. D. Carvalho, M. F. Goethel, A. J. Silva et al. // Applied Sciences. 2024. Vol. 14. Iss. 12. Art. 5218. DOI: 10.3390/app14125218.
14. Rejman M., Szkudlarek P. The Least Squares Method as a Tool for Assessment of the Stroke Parameters and Velocity in Monofin Swimming // Methods and Protocols. 2025. Vol. 8. Iss. 1. Art. 19. DOI: 10.3390/mps8010019.
15. Effect of training with fins on swimming performance in kids and young recreational swimmers / S. Sellés-Pérez, H. Arévalo, C. Altavilla et al. // Journal of Physical Education and Sport. 2023. Vol. 23. Iss. 2. Pp. 532—537. DOI: 10.7752/jpes.2023.02066.
16. Wang G. RL-CWtrans Net: multimodal swimming coaching driven via robot vision // Frontiers in Neurorobotics. 2024. Vol. 18. Art. 1439188. DOI: 10.3389/fnbot.2024.1439188.

## REFERENCES

1. Achilova S. Ch., Orazgel'dieva O. Sport and technologies: the era of digital transformation and personalization of results. *Nauka i mirovozzrenie*. 2025;59:118—123. (In Russ.)
2. Zapevalov O. Yu. Artificial intelligence in sports. *Nauka, tekhnika i obrazovanie = Science, technology and education*. 2024;1(93):46—48. (In Russ.)
3. Kuznetsova V. E., Skidan M. N. Artificial intelligence in sports: challenges and prospects. *Vestnik nauki i obrazovaniya*. 2025;9(164)-2:11—14. (In Russ.)
4. Gorskaya I. Yu., Mikhalev V. I., Schmidt I. S., Baymakova L. G. Experience of using mobile technologies in monitoring the physical condition of athletes. *Uchenye zapiski universiteta imeni P. F. Lesgafta*. 2022;(10):105—111. (In Russ.)
5. Iordanskaya F. A. Digital technologies in monitoring training sessions and remote training processes athletes and individuals engaged in physical education. *Vestnik sportivnoi nauki = Sports science bulletin*. 2020;3:31—44. (In Russ.)
6. Dudchenko P. P. The concept of improving the training process and the development of swimming in fins. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii = Modern high technologies*. 2022;5-1:138—143. (In Russ.) DOI: 10.17513/snt.39161
7. Dudchenko P. P., Khmylova D. A. Formation of a new culture of managing the training process of finswimmers in the context of sports digitalization. *Sovremennye tekhnologii v fizicheskom vospitanii i sporte = Modern technologies in physical education and sport. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation*. Tula, Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University publ., 2025:88—92. (In Russ.)
8. Saurov E. A., Morozov S. N., Saurova N. V. Prediction of results in finswimming using machine learning and training data. *Molodye uchenye = Young scientists. Proceedings of the interregional scientific conference*. Moscow, Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism publ., 2020:87—93. (In Russ.)
9. Sazonova I. M., Aparieva T. G. Identification and correction of errors in the technique of movements of young swimmers as a basis for its improvement. *Recent Scientific Investigation. Proceedings of the XL International Multidisciplinary Conference*. Shawnee, USA, Primedia E-launch, 2023:26—32. (In Russ.) DOI: 10.32743/UsaConf.2023.1.40.350411.
10. Solomatin V. R. Features of the physiological effect of continuous and interval training methods on qualified young swimmers. *Vestnik sportivnoi nauki = Sports science bulletin*. 2020;6:52—55. (In Russ.)
11. Eltemerov A. A. Increasing the efficiency of swimming teaching through digital technologies. *Nauchno-pedagogicheskoe obozrenie = Pedagogical Review*. 2022;5(45):136—147. (In Russ.) DOI: 10.23951/2307-6127-2022-5-136-147.
12. Carrard J., Kloucek P., Gojanovic B. Modelling Training Adaptation in Swimming Using Artificial Neural Network Geometric Optimisation. *Sports*. 2020;8(1):8. DOI: 10.3390/sports8010008.
13. Carvalho D. D., Goethel M. F., Silva A. J. et al. Swimming Performance Interpreted through Explainable Artificial Intelligence (XAI)—Practical Tests and Training Variables Modelling. *Applied Sciences*. 2024;14(12):5218. DOI: 10.3390/app14125218.
14. Rejman M., Szkudlarek P. The Least Squares Method as a Tool for Assessment of the Stroke Parameters and Velocity in Monofin Swimming. *Methods and Protocols*. 2025;8(1):19. DOI: 10.3390/mps8010019.
15. Sellés-Pérez S., Arévalo H., Altavilla C. et al. Effect of training with fins on swimming performance in kids and young recreational swimmers. *Journal of Physical Education and Sport*. 2023;23(2):532—537. DOI: 10.7752/jpes.2023.02066.
16. Wang G. RL-CWtrans Net: multimodal swimming coaching driven via robot vision. *Frontiers in Neurorobotics*. 2024;18:1439188. DOI: 10.3389/fnbot.2024.1439188.

Статья поступила в редакцию 03.03.2026; одобрена после рецензирования 19.04.2026; принята к публикации 20.04.2026.  
The article was submitted 03.03.2026; approved after reviewing 19.04.2026; accepted for publication 20.04.2026.