



УДК 796.61

Программирование тренировочной нагрузки в шоссейном велоспорте на основе интегративного анализа биоэнергетических механизмов энергообеспечения

А. В. Кубеев, Е. Д. Горбунов, Е. Д. Черкашин,
В. Л. Алякритский, А. В. Лукин

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научный центр физической культуры и спорта» (ФГБУ «ФНЦ ВНИИФК»), Москва, Россия

Аннотация

Актуальность. Индивидуально ориентированная подготовка велосипедистов-шоссейников затруднена отсутствием надежного подхода к определению должных параметров тренировочной работы. Цель исследования – адаптация концепции полного биоэнергетического спектра физической нагрузки (ПБЭС) Магния Родионовича Смирнова в качестве теоретико-методологической и технологической основы для персонализированной оптимизации тренирующих воздействий.

Методы. Теоретический анализ концепции ПБЭС, данных современных источников по спортивной биохимии и физиологии в части аэробно-анаэробных взаимодействий; сравнительный анализ ПБЭС и моделей зональной тренировки; построение индивидуального энергетического профиля условного спортсмена на основе данных лабораторных и полевых тестов; разработка функциональной схемы цифровой платформы и модуля автоматизированного программирования нагрузок (в виде концептуальной архитектуры и технологической модели); экспертная оценка практической значимости и педагогический эксперимент для верификации разработанной педагогической технологии.

Результаты. Разработана методика расчёта параметров тренировочной работы с использованием системы управления базами данных (СУБД) для интеграции в модуль специализированной цифровой платформы программирования тренировочных занятий.

Заключение. Раскрыты теоретико-методологические предпосылки и технологические решения по применению концепции ПБЭС при проектировании содержания занятий в макро- и мезоструктуре спортивной подготовки велосипедистов-шоссейников высокой квалификации. Предложенный способ позволяет моделировать должное соотношение аэробных и анаэробных нагрузок с индивидуализацией по мощности и продолжительности. В качестве критически важных ориентиров в разработанной педагогической технологии выбраны обоснованные М.Р. Смирновым переходные зоны и точки переключения метаболических режимов.

Ключевые слова: биоэнергетический спектр физической нагрузки, индивидуальный энергетический профиль, обеспечение, метаболические режимы, физиологические

зоны мощности, шоссе́йный велоспорт, индивидуализация тренировки, программирование тренировочной нагрузки

Programming of training load in road cycling based on integrative analysis of bioenergetic mechanisms of energy supply

A. V. Kubeev, E. D. Gorbunov, V. P. Cherkashin,
V. L. Alyakritsky, A. V. Lukin

Federal State Budgetary Institution «Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports»,
Moscow, Russia

Abstract

Relevance. Individually oriented training of road cyclists is hampered by the lack of a reliable approach to determining the proper parameters of training work. The objective is to adapt the concept of the full bioenergetic spectrum of physical load (FBES) by Magniy Rodionovich Smirnov as a theoretical, methodological and technological basis for personalized optimization of training effects.

Methods. Theoretical analysis of the FBES concept, data from modern sources on sports biochemistry and physiology in terms of aerobic-anaerobic interactions; comparative analysis of FBES and zonal training models; construction of an individual energy profile of a hypothetical athlete based on laboratory and field test data; development of a functional diagram of a digital platform and a module for automated load programming (in the form of a conceptual architecture and a technological model); expert assessment of the practical significance and a pedagogical experiment to verify the developed pedagogical technology.

Results. A method for calculating training parameters using a database management system (DBMS) has been developed for integration into a module of a specialized digital platform for programming training sessions.

Conclusion. The theoretical and methodological prerequisites and technological solutions for applying the PBES concept in designing the content of classes in the macro- and mesostructure of sports training for highly qualified road cyclists are revealed. The proposed method allows modeling the proper ratio of aerobic and anaerobic loads with individualization by power and duration. The transition zones and switching points of metabolic modes substantiated by M.R. Smirnov were chosen as critically important guidelines in the developed pedagogical technology.

Keywords: bioenergetic spectrum of physical activity, individual energy profile, maintenance, metabolic regimes, physiological power zones, road cycling, individualization of training, programming of training load

Введение

Для шоссейного велоспорта характерны продолжительные циклические нагрузки с эпизодами предельной интенсивности, причем эффективное программирование тренировочного процесса требует учёта не только обобщенных параметров объёма и интенсивности работы, но и её метаболической структуры. Вместе с тем в спортивной практике до сих пор преобладают упрощенные тренировочные схемы, не отражающие индивидуальные особенности занимающихся и биоэнергетическую динамику. Отсутствуют технологические решения, обеспечивающие расчёт метаболических параметров индивидуализированной физической нагрузки в контексте биоэнергетической структуры и функциональной направленности, что существенно затрудняет персонализированное построение тренировки.

Концепция полного биоэнергетического спектра физической нагрузки (ПБЭС) Магния Родионовича Смирнова открывает возможности для построения адаптивной модели тренировочной нагрузки, учитывающей индивидуальный метаболический профиль спортсмена [1, 2]. В связи с этим актуальной задачей становится разработка на основе ПБЭС цифровой платформы для интеграции физиологических данных, автоматизации планирования и динамического мониторинга тренировочного процесса. Настоящее исследование направлено на обоснование подхода к созданию такой системы, разработку соответствующей педагогической технологии и анализ ее потенциала в контексте индивидуализации занятий в шоссейном велоспорте.

Цель исследования – практическая адаптация концепции ПБЭС в качестве методологической и технологической основы для персонализированного программирования тренировочной нагрузки в шоссейном велоспорте, разработка структурированной методики расчёта параметров физической работы с использованием систем управления базами данных (СУБД) для интеграции в модуль специализированной мониторинговой цифровой платформы.

Методология и организация исследования

В логике достижения поставленной цели осуществлена систематизация физиологических, теоретико-методологических и прикладных основ концепции ПБЭС, включая принципы построения индивидуального энергетического профиля и зонирования тренирующего воздействия применительно к шоссейному велоспорту, разработана основанная на ПБЭС методика параметризации нагрузки с учётом периодизации годового цикла подготовки, ключевых метаболических переходов и адаптационных особенностей занимающихся.

Исследование базируется на теоретическом анализе трудов М.Р. Смирнова и данных современных источников по спортивной биохимии и физиологии (в частности, в области аэробно-анаэробных взаимодействий), обобщении опыта работы высококвалифицированных тренеров в дисциплине «шоссейные гонки», сравнительном анализе традиционных моделей зональной тренировки и концепции ПБЭС. Осуществлено построение индивидуального энергетического профиля условного спортсмена на основе данных лабораторных и полевых тестов, разработаны функциональная схема цифровой платформы для автоматизированного программирования нагрузок в виде концептуальной архитектуры и технологической модели с применением системы управления базами данных (СУБД), реализованы экспертная оценка практической значимости и педагогический эксперимент для верификации

разработанной педагогической технологии.

Организация исследования в период 2022–2025 годов включала три этапа. На первом этапе (2022) проведён теоретико-методический анализ научной литературы, уточнено содержание концепции ПБЭС и определены ее ключевые параметры применительно к шоссейному велоспорту. На втором этапе (2023–2024) проведено физиологическое тестирование велосипедистов-шоссейников и представителей маунтинбайка (43 мужчины и 41 женщина в возрасте от 10 до 36 лет, от третьего юношеского разряда до мастера спорта России международного класса), реализован педагогический эксперимент, собраны эмпирические данные и разработана цифровая архитектура модели параметризации нагрузки. На третьем этапе (2025) полученные результаты обобщены, проведена их экспертная верификация, сформированы практические рекомендации.

Результаты и обсуждение

В основе концепции ПБЭС [1, 2] лежит обобщение положений отечественной школы спортивной физиологии, биохимии и теории спортивной тренировки [3, 4, 5], а также практических наблюдений в рамках подготовки спортсменов высокой квалификации в циклических дисциплинах лёгкой атлетики. М.Р. Смирновым предложена структура непрерывного биоэнергетического спектра, представляющего собой шкалу метаболических режимов (МР) энергообеспечения физической деятельности различной интенсивности. Шкала строится с учетом доминантных путей ресинтеза АТФ, последовательно сменяющих друг друга по мере роста мощности работы. Данная модель интегрирует принципы построения индивидуального энергетического профиля спортсмена с методологией зонирования тренировочного воздействия по метаболическим критериям.

На основании проведённого нами анализа были выделены ключевые положения, положенные в основу методики построения биоэнергетического спектра метаболических источников (БЭСМ), адаптированной к фазовой структуре подготовки и функциональным требованиям соревновательной деятельности в шоссейных велогонках.

Следует констатировать научную обоснованность и глубину методологической проработки концепции М.Р. Смирнова. Её интеграция с классическими принципами спортивной тренировки обеспечивает внутреннюю целостность и верифицированность. Широкому внедрению в спортивную практику препятствует лишь определённая теоретико-математическая сложность концепции для тренеров в отсутствии доступных цифровых инструментов, способных перевести её в прикладной формат, пригодный для повседневного использования.

Несмотря на почти сорокалетнюю историю публикаций, основные положения ПБЭС остаются малоизвестными в профессиональной среде. Отсутствие англоязычных публикаций и международного цитирования дополнительно сдерживает её распространение за пределами российской академической школы. Тем не менее, проведённый нами анализ показал высокую степень алгоритмической структурированности и программируемости ПБЭС. Это открывает перспективы её цифровой реализации и интеграции в специализированную платформу мониторинга и программирования тренировочного процесса в шоссейном велоспорте. Принципиальная схема ПБЭС беговой нагрузки, предложенная М.Р. Смирновым, представлена на [рисунке 1](#).

Визуально на схеме сплошными линиями представлены МР, обусловленные доминирующими источниками энергообеспечения; пунктиром отображены переходные (гибридные)

состояния; точно-пунктирные соединения обозначают взаимосвязи между ключевыми метаболическими точками. Таким образом, биоэнергетический спектр режимов нагрузки – это непрерывная шкала метаболических состояний, отражающих последовательную активацию аэробных и анаэробных механизмов энергообеспечения.

Центральным элементом модели выступает система «точек переключения» – физиологических рубежей, отделяющих устойчивые режимы от нестабильных, идентифицируемых по значениям мощности, физиологическим порогам (LT1, LT2, MLSS), субъективным показателям (RPE) и динамике утомления [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. На основе этой концепции автором была разработана математически интерпретируемая структура индивидуального энергетического профиля, включающая визуализацию зон мощности и точек переключения, описание переходных режимов, временные и метрические границы работоспособности, а также соответствие различным спортивным задачам.

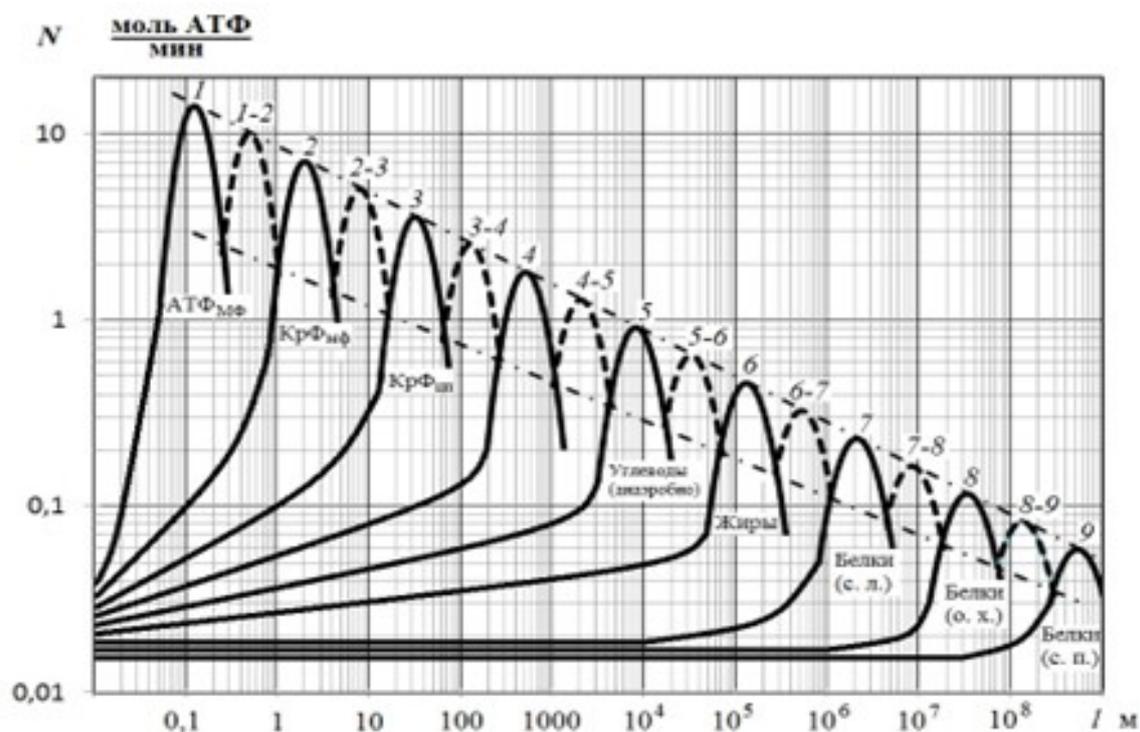


Рис. 1: Биоэнергетический спектр режимов беговой нагрузки для мужчин – мастеров спорта международного класса (принципиальная схема) [2]. Обозначения: N – мощность энергетического источника; l – метрический параметр метаболического режима; с.л. – спортивные локомоции; о.х. – обычная ходьба; с.п. – состояние покоя

Fig. 1: Bioenergetic range of running load modes for international-class male masters of sports (schematic diagram)

Концепция М.Р. Смирнова отличается высокой степенью персонализации, системной адаптивностью и метрологической точностью, что делает её особенно перспективной в условиях технологически оснащённой спортивной практики. Интеграция этой модели с цифровыми средствами диагностики и мониторинга раскрывает её прикладной потенциал на новом уровне, позволяя перейти от обобщённых, статичных зональных схем к динамически адаптируемому программированию тренировочной работы. Такая трансформация

особенно значима для видов спорта с выраженной метаболической неоднородностью нагрузки, включая шоссейный велоспорт, где требуются точные инструменты управления энергообеспечением и восстановлением. Подобные подходы уже легли в основу современных международных стандартов подготовки в шоссейном велоспорте, отражённых в трудах Х. Аллена, А. Коггана и Дж. Фрилла и других авторов [13, 14, 15, 16, 17].

На основе систематизации теоретических и прикладных аспектов концепции ПБЭС нами была сформирована методологическая база, позволившая приступить к разработке методики параметризации нагрузки и построению БЭСМ, адаптированной к специфике шоссейного велоспорта. Это потребовало формализации ключевых положений в виде математической модели, учитывающей структуру годичного цикла и характерные для данного вида спорта метаболические переходы.

Результатом разработки стало прикладное программное обеспечение на базе СУБД, обеспечивающее автоматизированный расчёт параметров БЭСМ с опорой на индивидуальные характеристики спортсмена. Ключевым элементом является определение индивидуального метаболического профиля, построенного от точки переключения – условного порога между режимами №5 и №6, отражающего переход от углеводного к смешанному энергообеспечению.

Таблица 1: Пример параметризации полного биоэнергетического спектра физической работы спортсмена А. в шоссейном велоспорте

Код МР	Название и энергетическая характеристика МР	Длина, км	Время чч:мм:сс	Скорость км/ч
№ 3-4	Анаэробный углеводный ресинтез АТФ – мощность	0,28	0:00:24	42,21
Е 3-4	Анаэробный углеводный ресинтез АТФ – ёмкость	0,56	0:00:49	41,38
№ 4	Анаэробный углеводный ресинтез АТФ (гликолиз) – мощность	1,13	0:01:40	40,56
Е 4	Анаэробный углеводный ресинтез АТФ (гликолиз) – ёмкость	2,25	0:03:24	39,76
№ 4-5	Анаэробный и аэробный углеводный ресинтез АТФ – мощность – N (vO_{2max})	4,5	0:06:56	38,98
Е 4-5	Анаэробный и аэробный углеводный ресинтез АТФ – ёмкость – E (vO_{2max})	9,0	0:14:08	38,21
№ 5	Аэробное фосфорилирование (углеводный ресинтез АТФ) – мощность – N (LT2)	18,0	0:28:50	37,46
Е 5	Аэробное фосфорилирование (углеводный ресинтез АТФ) – ёмкость – E (LT2)	36,0	0:58:49	36,72
№ 5-6	Аэробное фосфорилирование (углеводный и липидный ресинтез АТФ) – мощность	72,0	2:00:00	36,00
Е 5-6	Аэробное фосфорилирование (углеводный и липидный ресинтез АТФ) – ёмкость	144	4:04:49	35,29
№ 6	Аэробное фосфорилирование (липидный ресинтез АТФ) – мощность	288	8:19:29	34,60
Е 6	Аэробное фосфорилирование (липидный ресинтез АТФ) – ёмкость	576	16:59:02	33,91

Методика отличается доступностью: для её применения требуется ввести всего два параметра – время и дистанцию, соответствующие моменту наступления выраженного утомления. Эти данные позволяют системе локализовать метаболический сдвиг, сопровождающийся снижением мощности, ростом утомления и снижением эффективности движений.

Определение точки переключения может осуществляться как в лабораторных условиях (с использованием физиологических, биохимических и динамических критериев), так и в полевых – на основе данных велокомпьютера и субъективной оценки нагрузки. В [таблице 1](#) представлен пример индивидуального БЭСМ-профиля, рассчитанного по данной методике.

В качестве исходной точки для построения профиля спортсмена А. было использовано значение метаболического переключения – «2:00:00 – 72 км», отражающее момент наступления некомпенсируемого утомления при выполнении высокоинтенсивной нагрузки. Этот ориентир стал базой для расчёта энергетических зон в модели БЭСМ для шоссейного велоспорта. После определения индивидуального профиля система автоматически формирует персонализированные тренировочные режимы, адаптированные к физиологическим особенностям спортсмена. Анализ параметров показал, что для дистанционных дисциплин шоссейного велоспорта наибольшее прикладное значение имеют два метаболических режима: «5» – аэробное фосфорилирование углеводов; «6» – аэробное фосфорилирование липидов. Именно они являются специфическими для данного вида спорта и поддаются эффективной целенаправленной тренировке. Промежуточные режимы («4 – 5» и «5 – 6») представляют собой гибридные состояния, в которых энергетическая активность распределяется между несколькими метаболическими путями, что снижает точность акцента тренировочного воздействия. Они рассматриваются как вспомогательные. Для велосипедистов-спринтеров, специализирующихся на коротких финишных усилиях, ключевым режимом становится «4» – анаэробный гликолиз, обеспечивающий быстрый, но кратковременный приток энергии. В этом случае акцент следует сместить на тренировку анаэробной мощности и устойчивости к лактатной нагрузке, с применением коротких интервалов высокой интенсивности и ограниченного восстановления. Таким образом, технология БЭСМ позволяет выстраивать индивидуализированные стратегии тренировочной нагрузки: для гонщиков на выносливость – вокруг режимов «5» и «6», для спринтеров – «4» и «5». Внутри каждой зоны система дифференцирует нагрузку по четырём уровням интенсивности, что обеспечивает высокую точность и адаптивность планирования. Пример параметризации тренировочной нагрузки в зоне № 5 – 6 для спортсмена А. приведён в [таблице 2](#).

Таблица 2: Пример параметризации физической нагрузки различной сложности для метаболического режима № 5–6 спортсмена А. в шоссейном велоспорте

Режим нагрузки	Длина дистанции (км)	Время (чч:мм:сс)	Скорость (км/ч)	Количество повторений (шт.)	Пауза восстановления (чч:мм:сс)
Жёсткий	31,81	0:53:01	36,00	2,1	4:33:00
Средний 1	31,81	0:55:11	34,58	1,4	3:32:00
Средний 2	12,83	0:21:23	36,00	1,4	3:32:00
Мягкий	12,83	0:22:16	34,58	1,2	1:27:00

В [таблице 2](#) отражены индивидуально рассчитанные метрические и временные пара-

метры – продолжительность, дистанция и скорость – для четырёх адаптивных режимов нагрузки (мягкий, жёсткий, средние 1 и 2), а также число повторений интервалов напряжённой работы и параметры восстановительных пауз между ними [18]. Это обеспечивает обоснованное планирование тренировок в рамках выбранной метаболической зоны БЭСМ.

Число интервалов представлено дробно как итог математического расчёта. Такой подход сохраняет аналитическую точность и предоставляет тренеру гибкость в интерпретации: значение может быть округлено вверх или вниз с учётом текущего состояния спортсмена и целей тренировки.

Графически каждая пара значений «дистанция – скорость» формирует координатную точку, а четыре такие пары – прямоугольную область допустимых сочетаний нагрузки, отражённую на [рисунке 2](#). Такая визуализация помогает тренеру гибко подбирать параметры внутри заданного диапазона метаболической зоны.

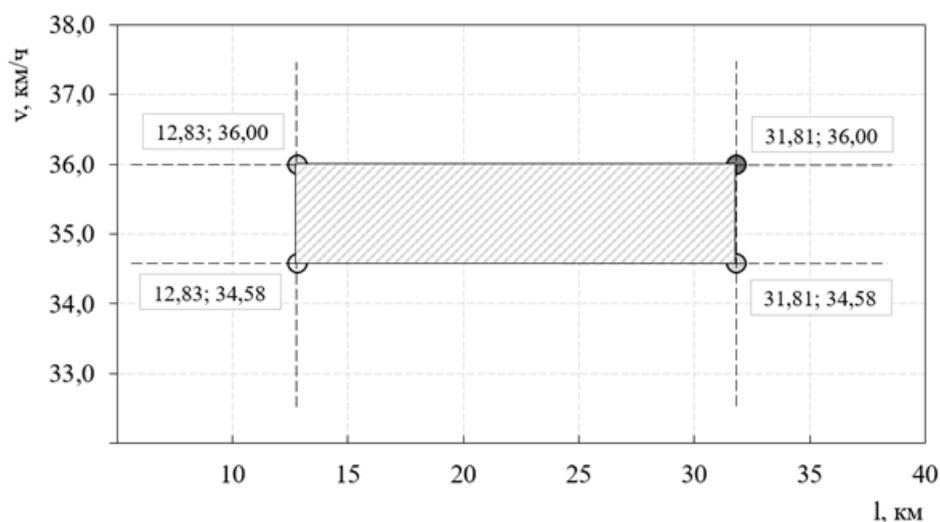


Рис. 2: Прямоугольная зона допустимых сочетаний дистанции и скорости, соответствующих для спортсмена А. метаболическому режиму № 5 – 6

Fig. 1: A rectangular zone of acceptable combinations of distance and speed, corresponding to athlete A. metabolic regime No. 5 – 6

Все тренировочные воздействия, параметры которых находятся в пределах заштрихованной на [рисунке 2](#) области, можно считать соответствующими заданному метаболическому режиму (например, № 5 – 6) и применимыми для развития функциональных возможностей в его рамках. Такая зона допускает варьирование нагрузки, как в сторону увеличения объёма (за счёт увеличения дистанции или времени), так и в сторону усиления интенсивности (через рост средней скорости), что предоставляет тренеру гибкость индивидуальной настройки задания.

Рациональное применение этой вариативности подразумевает учёт фазовой структуры годового тренировочного цикла и биологических закономерностей адаптации. В соответствии с методологией БЭСМ, мезо- или этапные циклы целесообразно делить на четыре функциональные фазы, каждая из которых имеет свою метаболическую направленность:

- первая фаза ориентирована на щадящие режимы, направленные на активацию целевых энергетических систем и запуск восстановительных процессов;

- вторая фаза акцентирует развитие ёмкостных характеристик метаболического пути за счёт увеличения длительности тренировок при умеренной интенсивности;
- третья фаза – наращивание мощности метаболического ответа путём повышения интенсивности и сокращения продолжительности;
- четвёртая фаза включает высокоинтенсивные тренировки соревновательного профиля, направленные на расширение пределов энергетических систем и устойчивость к стрессу.

Такая структура обеспечивает прогрессивное развитие метаболических механизмов, при этом поэтапное применение технологии БЭСМ способствует формированию точной модели подготовки, согласованной с индивидуальной динамикой адаптации и спортивной специализацией.

Интеграция БЭСМ в цифровые платформы анализа и мониторинга позволит автоматизировать планирование нагрузок и объективизировать тренерские решения. Это создаёт условия для перехода к интеллектуальным системам сопровождения спортивной подготовки, учитывающим физиологические биомаркеры, индивидуальную реактивность и профиль биоэнергетической эффективности спортсменов.

Выводы и заключение

1. Проведённый анализ теоретико-методологических и физиологических подходов позволил систематизировать фундаментальные положения концепции полного биоэнергетического спектра (ПБЭС) применительно к шоссейному велоспорту. Обоснована значимость индивидуального энергетического профиля, построенного на основе взаимодействия аэробных и анаэробных механизмов энергообеспечения, предложены принципы зонирования тренировочного воздействия с учётом метаболических и адаптационных характеристик спортсмена.

2. Разработана методика параметризации тренировочной нагрузки, основанная на ПБЭС и структурированная по фазам годового тренировочного цикла. Методика реализована в виде цифровой модели на базе реляционной СУБД и включает индивидуализированное программирование нагрузок по мощности, продолжительности и метаболической направленности, с учётом переходных зон энергообеспечения и текущего функционального состояния спортсмена.

3. Представленная методика практически применима, ориентирована на цифровую интеграцию в мониторинг тренировочного процесса, обеспечивает переход от обобщённых зональных подходов к точной метаболически валидированной настройке нагрузки, повышает объективность и адаптивность тренерских решений на основе биоинформационных параметров.

Реализация рассмотренной концепции требует дальнейшего развития в виде специализированной цифровой платформы, способной интегрировать физиологические данные с логикой ПБЭС и формировать интеллектуальную систему управления адаптацией спортсмена. В перспективе модель может быть применена к другим циклическим видам спорта – триатлону, плаванию, гребле, лыжным гонкам – с учётом их специфики и энергетической структуры соревновательной деятельности.

Список литературы

1. *Смирнов М.Р.* Биоэнергетика спорта. Новосибирск: Новосибирское книжное издательство, 2003. 304 с.
2. *Магний Родионович Смирнов* [Электронный ресурс] // CycloWiki. URL: https://cyclowiki.org/wiki/Магний_Родионович_Смирнов (дата обращения: 17.04.2025)
3. *Коц Я.М.* Спортивная физиология. Москва: Физкультура и спорт, 1986. 239 с. URL: <https://www.nehudlit.ru/books/sportivnaya-fiziologiya.html>
4. *Волков Н.И.* Биохимия. Москва: Физкультура и спорт, 1986. 381 с.
5. *Матвеев Л.П.* Основы спортивной тренировки. Москва: Физкультура и спорт, 1977. 280 с.
6. *Kindermann W., Simon G., Keul J.* The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training // *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1979. V. 42, No 1. P. 25-34. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00421101>
7. *Coyle E.F., Coggan A.R., Hopper M.K., Walters T.J.* Determinants of endurance in well-trained cyclists // *Journal of Applied Physiology*. 1988. V. 64, No 6. P. 2622-2630. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1988.64.6.2622>
8. *Beneke R.* Methodological aspects of maximal lactate steady state – implications for performance testing // *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1995. V. 70, No 1. P. 225-230. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0783-1>
9. *Morton R.H., Billat V.* Maximal endurance time at VO₂max // *Medicine and science in sports and exercise*. 2000. V. 32, No 8. P. 1496-1504. DOI: <https://doi.org/10.1097/00005768-200008000-00020>
10. *Lucía A., Hoyos J., Chicharro J.L.* Physiology of professional road cycling // *Sports Medicine*. 2001. V. 31, No 5. P. 325-337. DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-200131050-00004>
11. *Seiler S.* What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2010. V. 5, No 3. P. 276-291. DOI: <https://doi.org/10.1123/ijsp.5.3.276>
12. *Wasserman K., Hansen J.E., Sue D.Y., Stringer W.W., Whipp B.J.* Principles of Exercise Testing and Interpretation: Including Pathophysiology and Clinical Applications. 5th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 2011. 576 p.
13. *Allen H., Cheung S.* Cutting-edge cycling. Human Kinetics, 2012. 283 p. ISBN: 9780736091091 URL: <https://us.humankinetics.com/products/cutting-edge-cycling>
14. *Friel J.* The Cyclist's Training Bible. 5th ed. Boulder, CO: VeloPress, 2018. 675 p. ISBN: 9781937715823 URL: <https://joefrieltraining.com/book/the-cyclists-training-bible-5th-ed/>
15. *Allen H., Coggan A.R.* Training and Racing with a Power Meter. 3rd ed. Boulder, CO: VeloPress, 2019. 384 p.
16. *Myers C., Allen H.* Triathlon Training with Power. Cognella Press, 2021. 518 p. URL: <https://scientifictriathlon.com/tts305/>
17. *Pinot J., Grappe F.* The record power profile to assess performance in elite cyclists // *International journal of sports medicine*. 2011. V. 32, No 11. P. 839-844. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0031-1279773>
18. *Смирнов М.Р.* Научно обоснованное число повторений отрезков беговой нагрузки // *Теория и практика физической культуры*. 1996. № 2. С. 44-49. URL: <http://lib.sportedu.ru/Press/TPFK/1996N2/p44-49.htm>

References

1. Smirnov M.R. Sports Bioenergetics. Novosibirsk: Novosibirsk Book Publishing House, 2003, 304 p. (in Russ.)
2. Magniy Rodionovich Smirnov. *CycloWiki*. [Electronic resource] URL: [Magniy Rodionovich Smirnov](#) (in Russ.) (accessed: 17.04.2025)
3. Kots Ya.M. Sports Physiology. Moscow: Physical Culture and Sport, 1986, 239 p. URL: <https://www.nehudlit.ru/books/sportivnaya-fiziologiya.html> (in Russ.)
4. Volkov N.I. Biochemistry. Moscow: Physical Culture and Sport, 1986, 381 p. (in Russ.)
5. Matveev L.P. Fundamentals of Sports Training. Moscow: Physical Culture and Sport, 1977, 280 p. (in Russ.)
6. Kindermann W., Simon G., Keul J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 1979, 42 (1), pp. 25-34. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00421101>
7. Coyle E.F., Coggan A.R., Hopper M.K., Walters T.J. Determinants of endurance in well-trained cyclists. *Journal of Applied Physiology*, 1988, 64 (6), pp. 2622–2630. DOI: 10.1152/jappl.1988.64.6.2622
8. Beneke R. Methodological aspects of maximal lactate steady state – implications for performance testing. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 1995, 70 (1), pp. 225-230. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0783-1>
9. Morton R.H., Billat V. Maximal endurance time at VO₂max. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2000, 32 (8), pp. 1496-1504. DOI: <https://doi.org/10.1097/00005768-200008000-00020>
10. Lucía A., Hoyos J., Chicharro J.L. Physiology of professional road cycling. *Sports Medicine*, 2001, 31 (5), pp. 325-337. DOI: <https://doi.org/10.2165/00007256-200131050-00004>
11. Seiler S. What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2010, 5 (3), pp. 276-291. DOI: <https://doi.org/10.1123/ijsp.5.3.276>
12. Wasserman K., Hansen J.E., Sue D.Y., Stringer W.W., Whipp B.J. Principles of Exercise Testing and Interpretation: Including Pathophysiology and Clinical Applications. 5th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 2011, 576 p.
13. Allen H., Cheung S. Cutting-edge cycling. Human Kinetics, 2012, 283 p. ISBN: 9780736091091 URL: <https://us.humankinetics.com/products/cutting-edge-cycling>
14. Friel J. The Cyclist's Training Bible. 5th ed. Boulder, CO: VeloPress, 2018, 675 p. ISBN: 9781937715823 URL: <https://joefrieltraining.com/book/the-cyclists-training-bible-5th-ed/>
15. Allen H., Coggan A.R. Training and Racing with a Power Meter. 3rd ed. Boulder, CO: VeloPress, 2019, 384 p.
16. Myers C., Allen H. Triathlon Training with Power. Cognella Press, 2021, 518 p. URL: <https://scientifictriathlon.com/tts305/>
17. Pinot J., Grappe F. The record power profile to assess performance in elite cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 2011, 32 (11), pp. 839-844. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0031-1279773>
18. Smirnov M.R. Scientifically based number of repetitions of running load segments. *Theory and Practice of Physical Culture*, 1996, (2), pp. 44-49. (in Russ.) URL: <http://lib.sportedu.ru/Press/TPFK/1996N2/p44-49.htm>

Источники финансирования исследования

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУ «ФНЦ ВНИИФК» № 777-00001-25-00 (код темы: 001-25/8).

Сведения об авторах

Кубеев Александр Владимирович – кандидат педагогических наук, доцент, лаборатория инновационных спортивных технологий ФГБУ «ФНЦ ВНИИФК», Москва.

E-mail: kubeev.a.v@vniifk.ru

Горбунов Евгений Дмитриевич – кандидат технических наук, лаборатория инновационных спортивных технологий ФГБУ «ФНЦ ВНИИФК», Москва.

E-mail: gorbunov.e.d@vniifk.ru

Черкашин Виталий Петрович – доктор педагогических наук, лаборатория инновационных спортивных технологий ФГБУ «ФНЦ ВНИИФК», Москва.

E-mail: cherkashin.v.p@vniifk.ru

Алякритский Владимир Львович – управление информационных технологий ФГБУ «ФНЦ ВНИИФК», Москва.

E-mail: aliakritskii.v.l@vniifk.ru

Лукин Антон Васильевич – управление информационных технологий ФГБУ «ФНЦ ВНИИФК», Москва.

E-mail: lukin.a.v@vniifk.ru

Для цитирования:

Кубеев А.В., Горбунов Е.Д., Черкашин В.П., Алякритский В.Л., Лукин А.В. Программирование тренировочной нагрузки в шоссежном велоспорте на основе интегративного анализа биоэнергетических механизмов энергообеспечения // Российский журнал информационных технологий в спорте. – 2025. – Т. 2, № 1. – С. 49–60. DOI: <https://doi.org/10.62105/2949-6349-2024-2-1-49-60> EDN: AQUHGM

Cite as:

Kubeev A.V., Gorbunov E.D., Cherkashin V.P., Alyakritsky V.L., Lukin A.V. Programming of training load in road cycling based on integrative analysis of bioenergetic mechanisms of energy supply. *Russian Journal of Information Technology in Sports*, 2025, 2 (1), pp. 49–60 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.62105/2949-6349-2024-2-1-49-60> EDN: AQUHGM

Статья поступила в редакцию: 11.05.2025

Статья принята в печать: 07.06.2025

Статья опубликована: 30.06.2025