

МОНИТОРИНГ СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ В ВЕЛОСИПЕДНОМ СПОРТЕ

Часть III.

Обоснование выбора ключевых параметров при тестировании специальной физической подготовленности спортсменов, специализирующихся в длительных локомоциях велосипедного спорта

**А.В. КУБЕЕВ, Е.Д. ГОРБУНОВ, Е.А. САВЕНКОВА,
Ю.С. ЛЕМЕШЕВА, А.А. ОГАНЕСЯН,
ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, г. Москва;
А.А. ГРУШИН, А.С. РУСИНСКИЙ,
Инновационный центр ОКР, г. Москва**

Аннотация

Тестирование уровня специальной физической подготовленности у спортсменов является одной из функций мониторинга спортивной подготовки – оценка степени достижения целевых показателей программ подготовки спортсменов. В профессиональном велоспорте текущий уровень специальной физической подготовленности принято оценивать по соотношению «предельная мощность педалирования – время удержания». Качество указанной оценки находится в прямой зависимости от правильности выбора как самих тестов, так и параметров тестирования велосипедистов. Цель исследования: выбор и обоснование ключевых параметров оценки динамики специальной физической подготовленности при тестировании на велоэргометре для включения их в качестве целевых индикаторов в программы подготовки спортсменов, специализирующихся в длительных локомоциях велосипедного спорта. Исследования проводились методом тестирования с использованием велоэргометра Wattbike и тестов (упражнений) “20 minute FTP test” и “5k Distance Challenge”. Установлено, что в общей выборке спортсменов ($n = 56$: мужчин – 35, женщины – 21, возраст – от 10 до 36 лет, спортивная квалификация – от 3 юношеского спортивного разряда до мастера спорта России международного класса) в указанных тестах (упражнениях) параметры «средняя мощность педалирования» и «абсолютная средняя скорость потребления кислорода» очень тесно взаимосвязаны на уровне $R^2 = 0,94-0,97$.

Ключевые слова: велосипедный спорт, длительные локомоции, специальная физическая подготовленность, мощность педалирования, аэробная выносливость, скорость потребления кислорода, тестирование.

SPORTS TRAINING MONITORING IN CYCLING

Part III.

Justification of the choice of key parameters when testing the special physical fitness of athletes specializing in long-term locomotion's of bicycle sports

**A.V. KUBEEV, E.D. GORBUNOV, E.A. SAVENKOVA,
Yu.S. LEMESHEVA, A.A. OGANESYAN,
VNIIFK, Moscow city;
A.A. GRUSHIN, A.S. RUSINSKIY,
ROC Innovation Center, Moscow city**

Abstract

Testing the level of special physical fitness of athletes is one of the functions of monitoring sports training – assessing the degree of achievement of target indicators of athletes' training programs. In professional cycling, the current level of special physical fitness is usually assessed by the ratio “maximum pedaling power – holding time”. The quality of this assessment is directly dependent on the correct choice of both the tests themselves and the parameters for testing cyclists. Purpose of the study: selection and justification of key parameters for assessing the dynamics of special physical fitness when testing on a bicycle ergometer for inclusion as target indicators in training programs for athletes specializing



in long-term locomotion of cycling. The research was carried out using a testing method using a Wattbike bicycle ergometer and tests (exercises) "20 minute FTP test" and "5k Distance Challenge". It was established that in the general sample of athletes ($n = 56$: male – 35, female – 21, age – from 10 to 36 years, sports qualification – from the third youth sports category to the master of sports of Russia of international class) in the specified tests (exercises) the parameters "average pedaling power" and "absolute average rate of oxygen consumption" have a very close relationship at the level of $R^2 = 0.94-0.97$.

Keywords: cycling, long-term locomotion, special physical fitness, pedaling power, aerobic endurance, oxygen consumption rate, testing.

Введение

Настоящая статья является продолжением цикла публикаций в журнале «Вестник спортивной науки», посвящённых мониторингу спортивной подготовки в велоспорте [1, 2].

Специальная физическая подготовленность велогонщика (далее – СФП) характеризуется рядом специфических признаков и параметров, необходимых для достижения успеха в велосипедном спорте (далее – ВС). Для длительных локомоций ВС (далее – ДЛ ВС) ключевой характеристикой СФП является способность велогонщика поддерживать высокую мощность педалирования в аэробном и смешанном аэробно-анаэробном режимах энергообеспечения в течение продолжительного времени. Текущий уровень СФП (далее – ТУ СФП) спортсмена и динамика его роста определяют в совокупности уровень спортивных результатов спортсмена в ВС и возможности их улучшения. Регулярная оценка ТУ СФП является неотъемлемым элементом мониторинга выполнения индивидуальных программ спортивной подготовки в ВС высших достижений и ближайшего к нему спортивного резерва.

Оценка ТУ СФП спортсмена-велогонщика может осуществляться с помощью двух основных методов: соревновательного и лабораторного тестирования. Соревновательный метод заключается в наблюдении за спортсменом во время соревнований или тренировочных заездов. Лабораторное тестирование включает в себя проведение различных тестов на специальных велотренажерах или других аппаратах.

Наибольшее применение в велосипедном спорте (вероятно, в силу его простоты и очевидности) приобрёл соревновательный метод оценки ТУ СФП велогонщиков, критерием которого является результат выступлений спортсмена на спортивных соревнованиях. В качестве измеряемых параметров соревновательного метода для оценки ТУ СФП в ВС используются следующие показатели:

- 1) занятое место в итоговом протоколе относительно других участников соревнования;
- 2) время преодоления гоночной дистанции (T_r);
- 3) средняя скорость передвижения в гонке (v_r);
- 4) время преодоления отдельного отрезка гоночной дистанции (T_i);
- 5) средняя скорость передвижения на отдельном, специально выбранном и измеренном отрезке гоночной дистанции (как правило, это подъём), или – горизонтальная скорость преодоления подъёма (v_m);
- 6) средняя скорость подъёма на отдельном, специально выбранном и измеренном отрезке гоночной дис-

танции, или – вертикальная скорость подъёма (VAM , итал. "velocit ascensionale media" – «средняя скорость подъёма») [3, 4].

Главным недостатком перечисленных выше параметров оценки ТУ СФП на базе соревновательного метода является то, что спортсмен в обязательном порядке должен принимать участие в соревнованиях или как минимум в специально организованных контрольных тренировках. Такая возможность предоставляется гонщику только в соревновательном периоде годичного макроцикла. В остальной же – «осенне-зимний» – период подготовки (а он может длиться от 4 до 8 мес.) соревновательный метод оценки ТУ СФП спортсмена становится практически недоступным.

Вторым направлением оценки ТУ СФП спортсменов является лабораторное тестирование спортсмена. В этом случае измерение параметров, отражающих ТУ СФП велогонщика, происходит точными инструментальными методами в стандартных условиях с использованием технических средств типа «велоэргометр», что повышает объективность получаемых результатов. Регулярное проведение тестов на разных этапах подготовки спортсменов позволяет определить их текущий уровень и отслеживать прогресс в достижении поставленных целей. Это обеспечивает более точное планирование тренировочного процесса и определение оптимальных нагрузок для каждого спортсмена.

Вместе с тем обязательность регулярного тестирования ТУ СФП касается далеко не всех категорий спортсменов. Так, у спортсменов – кандидатов в спортивные сборные команды Российской Федерации по велоспорту – тестирование является составной частью этапного комплексного обследования (далее – ЭКО) в рамках научно-методического обеспечения целевых комплексных программ (далее – ЦКП) подготовки спортсменов к участию в Олимпийских играх, утверждаемых Минспортом России. Однако ЭКО доступно не для всех команд, а только по тем видам спорта, в которых Минспортом России утверждён руководитель комплексной научной группы (КНГ) и, соответственно, имеется сама КНГ. Спортсменам, осваивающим дополнительные образовательные программы спортивной подготовки (далее – ДОПС), для оценки ТУ СФП необходимо выполнять нормативы по СФП в соответствии с требованиями федерального стандарта спортивной подготовки по велосипедному спорту (далее – ФССП) [5]. При этом в ФССП периодичность выполнения спортсменами нормативов СФП не определена. У остальных категорий спортсменов, например, кандидатов в члены



сборных команд субъектов Российской Федерации, не осваивающих ДОПСП, обязательность оценки ТУ СФП не предусмотрена нормативными актами. Таким образом, *первую часть проблемы в многолетнем процессе подготовки спортсменов составляет отсутствие обязательной нормы процедуры регулярного тестирования ТУ СФП для всех категорий спортсменов в велосипедном спорте.*

Вторая часть проблемы заключается в том, что в нормативных актах, принятых в сфере подготовки спортивного резерва и спорта высших достижений – ЦКП, ФССП и ДОПСП отсутствуют единые требования к самой процедуре тестирования спортсменов для оценки их ТУ СФП, содержанию тестов и выходных параметров. Поэтому задача разработки содержания единой стандартной программы тестирования ТУ СФП велосипедистов с целью последующего внедрения в практику подготовки велосипедистов остается весьма актуальной.

Цель и задачи исследования

Необходимость выработки научно обоснованных подходов и практических решений выявленной проблемы определила **цель исследования:** выбор и обоснование ключевых параметров оценки динамики специальной физической подготовленности спортсменов при тестировании на велоэргометре для включения их в качестве целевых индикаторов в мониторинг подготовки спортсменов, специализирующихся в длительных локомоциях велосипедного спорта. Для достижения поставленной цели были сформулированы **задачи:**

- выявление тесноты взаимосвязей между различными параметрами внешней и внутренней стороны стандартной тестовой нагрузки у спортсменов различного возраста, пола и спортивной квалификации, специализирующихся в длительных локомоциях велосипедного спорта;
- выбор и обоснование ключевых параметров оценки динамики специальной физической подготовленности при тестировании на велоэргометре.

В рамках выполнения государственного задания Минспорта России ФГБУ ФНЦ ВНИИФК на тему «Исследование структуры и содержания системы спортивной подготовки спортсменов высокой квалификации в длительных локомоциях велосипедного спорта» (далее – НИР) были выполнены работы, результаты которых сформировали научно-методическую базу для решения поставленных задач [6].

Организация исследования

Принимая во внимание специфичность тестовой физической работы для ВС и доступность использования российскими спортсменами соответствующего тестового оборудования, в исследовании был сделан выбор в пользу метода велоэргометрии с использованием оборудования и прикладного программного обеспечения “Wattbike Pro”. Тестирование спортсменов проводилось в два этапа: 1) май – июнь и 2) сентябрь – октябрь 2023 г., что соответствует примерно началу и окончанию соревновательного периода годичного макроцикла подготовки.

В исследовании приняли участие 56 спортсменов: 35 – мужского и 21 – женского пола. Возраст участников охватывал диапазон – от 10 до 36 лет, спортивная квалификация – от 3 юношеского спортивного разряда до мастера спорта России международного класса. Более точно спортивная квалификация спортсменов оценивалась по текущему уровню СФП, рассчитанному в гонках текущего сезона по индексу *CRP (Cycling Rating Points, англ. – рейтинговые очки за езду на велосипеде)* [6].

В связи с тем, что исследования проводились в направлении ДЛ ВС, были выбраны специализации спортсменов: велоспорт-шоссе и велоспорт-маунтинбайк. К категории «длительные локомоции» отнесены упражнения с предельной длительностью нагрузки 5 мин и более, что, по мнению специалистов, соответствует началу превалирования аэробного механизма энергетического обеспечения мышечной деятельности [7, 8, 9].

Программа тестирования включала в себя выполнение спортсменом двух предустановленных на “Wattbike Pro” тестов:

- **тест № 1 – “20 minute FTP test”;**
- **тест № 2 – “5k Distance Challenge”** – имитация индивидуальной гонки на дистанции 5 км – (спортсмены до 12–13 лет включительно выполняли тест на укороченной дистанции 3 км) [10].

Для удобства будем в дальнейшем упражнение “5k Distance Challenge” называть также тестом. Выбор тестов из всей линейки тестов/упражнений “Wattbike Pro” был обусловлен следующими соображениями. Во-первых, по мнению ведущих специалистов по ВС, данные тесты и оборудование зарекомендовали себя как надёжные и достоверные инструменты тестирования спортсменов; во-вторых, тесты позволяют получить измерения базовых для ВС параметров: **в тесте № 1 – функциональную пороговую мощность, в тесте № 2 – критическую мощность** [9, 11].

Тесты проводились «от простого к сложному» с достаточной паузой отдыха для восстановления между тестами. Спортсмены самостоятельно определяли продолжительность паузы отдыха (но не менее 40 мин), а критерием восстановления было значение начального лактата до теста.

Перед каждым тестом спортсмен разминался 15 мин с обязательными тремя ускорениями не более 30 с в зоне субмаксимальной мощности и заминкой после ускорения. В каждом из упражнений главной задачей спортсмена было показать наилучший для себя результат – максимальную среднюю мощность педалирования в течение 20 мин или на дистанции 5 км. Величина внешнего сопротивления при педалировании определялась спортсменом самостоятельно с помощью аэродинамического тормоза, исходя из его понимания задачи – продемонстрировать максимальную среднюю мощность педалирования в тестах. Темп педалирования также подбирался самим велосипедистом. С учётом повторного тестирования спортсменов общее количество тестовых процедур составило 163, в том числе: **в тесте № 1:** у мужчин – 63, у женщин – 40 тестов; **в тесте № 2:** у мужчин – 38, у женщин – 22 теста.



Регистрация параметров газообмена и лёгочной вентиляции проводилась на комплексе для исследования функции внешнего дыхания *MasterScreen* (CareFusion, Germany) с одновременной регистрацией частоты сердечных сокращений монитором сердечного ритма *Polar Ignite*. Биохимический контроль напряжённости физической работы проводился на основе измерения уровня концентрации лактата в крови – до нагрузки, каждые 2 мин во время нагрузки и спустя 3 мин после нагрузки. С этой целью использовался автоматический анализатор глюкозы и лактата *EKF Diagnostic BIOSEN_C line GP+*.

При расчётах средних значений исследуемых параметров из статистической базы темпоральных данных были исключены данные первых двух минут работы – периода вработывания спортсмена в режим устойчивого состояния выполнения тестовой физической работы.

Результаты исследования и их обсуждение

Средняя длительность выполнения физической работы в **тесте № 2** у спортсменов мужского пола 13–14 лет и старше составила в среднем 7 мин 20 с, женского пола – 8 мин 4 с. Спортсмены до 12–13 лет включи-

тельно, выполнявшие тест на укороченной дистанции (3 км), показали среднее время преодоления дистанции 5 мин 37 с.

Опрос спортсменов после прохождения тестирования выявил, что в **тесте № 1** выполнение работы практически всем спортсменам даётся с несколько меньшей напряжённостью, чем в **тесте № 2**. Субъективная оценка спортсменов различия напряжённости работы в тестах была проверена по полученным значениям параметров тестирования. Индивидуально напряжённость оценивалась по следующим параметрам (средние значения):

- мощность педалирования – P ;
- частота сердечных сокращений – HR ;
- скорость поглощения кислорода – vO_2 ;
- скорость вентиляции лёгких (далее – лёгочная вентиляция) – ve ;
- концентрация лактата в крови – La .

За 100-процентную напряжённость работы были выбраны значения параметров в **тесте № 2**. Наиболее часто встречаемые интервалы отношений индивидуальных значений указанных выше параметров в **тесте № 1** по отношению к **тесту № 2** представлены в табл. 1.

Таблица 1

Наиболее часто встречаемые интервалы отношений индивидуальных значений параметров напряжённости тестовой нагрузки в тесте № 1 (“20 minute FTP test”) к тесту № 2 (“5k Distance Challenge”), полученных при тестировании каждого спортсмена в обоих тестах

Параметр напряжённости тестовой нагрузки (отношение, %)	Характеристика	Пол спортсменов	
		мужской	женский
Мощность педалирования: P_{FTP} / P_{5km}	Интервал Количество	80–85 35	85–95 19
Частота сердечных сокращений: HR_{FTP} / HR_{5km}	Интервал Количество	95–100 36	96–102 19
Скорость потребления кислорода (абсолютная): vO_{2_FTP} / vO_{2_5km}	Интервал Количество	85–90 35	85–90 19
Лёгочная вентиляция: ve_{FTP} / ve_{5km}	Интервал Количество	70–90 36	70–90 19
Лактат: La_{FTP} / La_{5km}	Интервал Количество	60–80 30	60–80 9

Анализ представленных в табл. 1 данных показал, что напряжённость тестовой нагрузки у спортсменов в **тесте № 2** более значительная, чем в **тесте № 1**. Наибольшее различие получено в случае биохимической составляющей оценки напряжённости тестовых нагрузок: наиболее частое соотношение значений La_{FTP} / La_{5km} составляло 60–80%.

В качестве приоритетного оценочного параметра СФП в ДЛ профессионального ВС используется критическая мощность педалирования – максимальная средняя мощность на определённом временном интервале: $P_{cr}(t)$ [9, 11]. В ходе работы были проанализированы корреляционные связи $P_{cr}(t)$ с регистрируемыми при тестировании показателями. Сводные данные представлены в табл. 2.

В ходе исследований было выявлено, что наиболее тесная взаимосвязь в сумме по обоим тестам отдельно у спортсменов мужского и женского пола наблюдалась

между мощностью педалирования и скоростью поглощения кислорода – диапазон коэффициентов аппроксимации R^2 составил: 0,88–0,94. Следует отметить, что далее по тесноте взаимосвязи с $P_{cr}(t)$ следует параметр «лёгочная вентиляция» – R^2 оказался в пределах 0,73–0,92. При этом взаимосвязь между vO_2 и ve в общем по сумме данных обоих тестов у мужчин и женщин имеет характер линейной функции на уровне $R^2 = 0,95$.

Параметр «скорость поглощения кислорода» (vO_2) в многочисленных научных публикациях, посвящённых теме велоспорта, принято измерять в двух шкалах – абсолютной и относительной (на килограмм веса спортсмена) [8, 11–13]. Логично полагать, что наиболее информативным из них будет тот параметр, который обладает большей теснотой взаимосвязи с мощностью педалирования. Проверка выдвинутого предположения была проведена методом сравнительного анализа корреляционных связей критической мощности педалирования $P_{cr}(t)$:



Таблица 2

**Теснота корреляционных связей мощности педалирования
с регистрируемыми показателями в тесте № 1 (“20 minute FTP test”)
к тесту № 2 (“5k Distance Challenge”) у спортсменов – мужчин и женщин**

Взаимосвязь критической мощности $P_{cr}(t)$ с параметром	Тест № 1		Тест № 2	
	Мужчины (n = 63)	Женщины (n = 40)	Мужчины (n = 38)	Женщины (n = 22)
	Теснота взаимосвязи (R^2)			
Частота сердечных сокращений (HR)	0,0004	0,0032	0,0142	0,2038
Скорость поглощения кислорода (vO_2)	0,9322	0,9442	0,9099	0,8748
Лёгочная вентиляция (ve)	0,8271	0,8602	0,9207	0,7304
Концентрация лактата (La)	0,0074	0,0441	0,3089	0,2105

1) с абсолютной средней скоростью поглощения O_2 : “ $P \sim vO_{2\ abs}$ ”; 2) на 1 кг веса спортсмена относительной средней скоростью поглощения O_2 : “ $P \sim vO_{2\ rel}$ ” по ре-

зультатам выбранных тестов в одной и той же выборке спортсменов. Результаты такого анализа на примере **теста № 1** представлены в графической форме (рис. 1, А и Б).

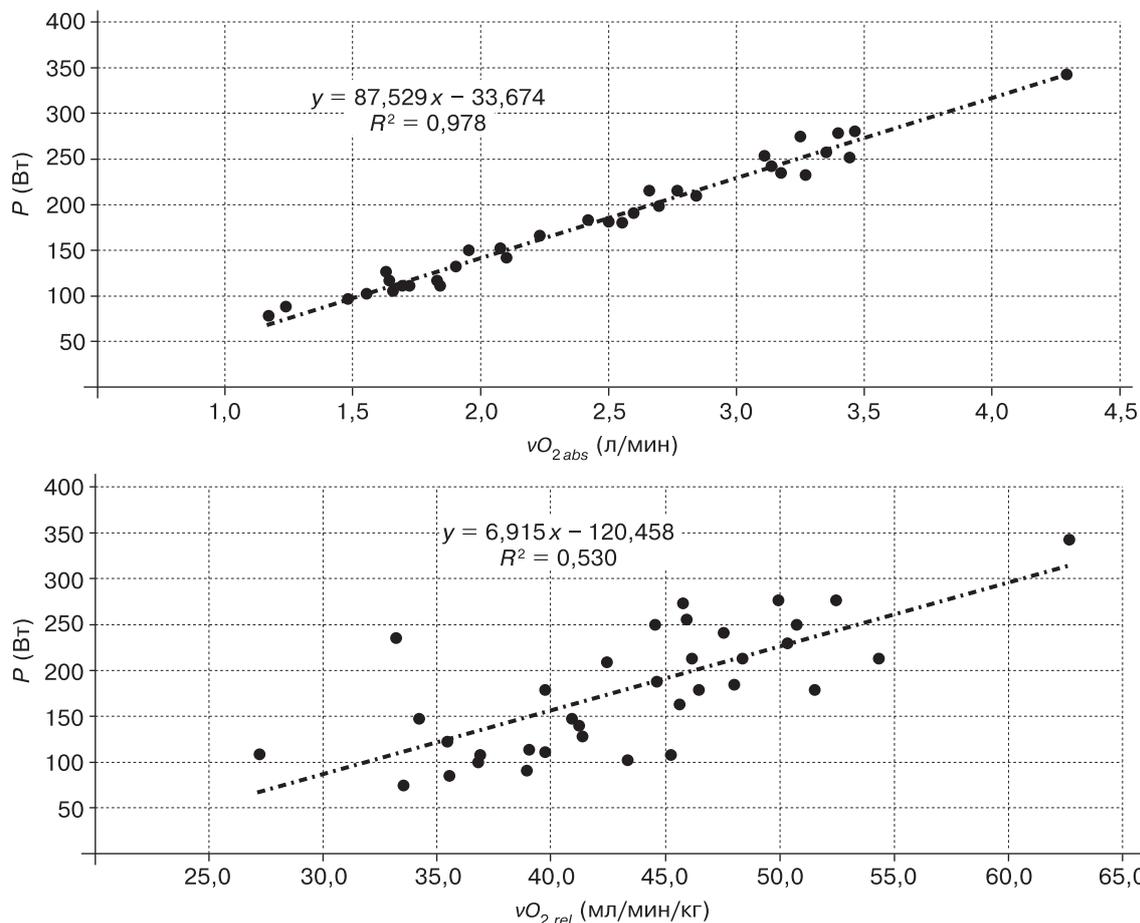


Рис. 1. Взаимосвязь между параметрами: мощность педалирования и абсолютной (А) и относительной (Б) скоростью потребления кислорода у одних и тех же спортсменов в тесте № 1 “20 minute FTP test” (n = 35)

Средние значения критической мощности и скорости поглощения кислорода связаны линейной зависимостью. Сравнительный анализ плотности расположения множества точек (рис. 1, А и Б) в тесте № 1 показывает существенное их различие в части отклонения значений точек от средней линии взаимосвязи, что подтверждается уровнями полученных значений коэффициентов аппро-

ксимации R^2 : 0,978 – в случае значения абсолютного $vO_{2\ abs}$ и 0,530 – в случае значения относительного $vO_{2\ rel}$.

Аналогичным способом был проведён сравнительный анализ зависимостей: “ $P \sim vO_{2\ abs}$ ” и “ $P \sim vO_{2\ rel}$ ” в тесте № 2. Сводные данные по обоим тестам у спортсменов мужского и женского пола различного возраста представлены в табл. 3.



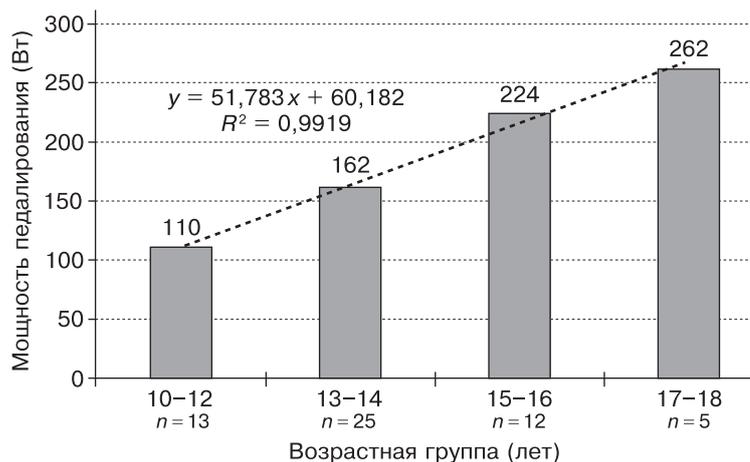
Значения достоверности аппроксимации (R^2) линейной регрессии между мощностью педалирования и скоростью поглощения кислорода – абсолютной и относительной (на 1 кг веса спортсмена) у одних и тех же спортсменов в различных тестах

Категория спортсменов	Тест / зависимость / R^2			
	"20 minute FTP test"		"5k Distance Challenge"	
	$P \sim vO_{2\text{ abs}}$	$P \sim vO_{2\text{ rel}}$	$P \sim vO_{2\text{ abs}}$	$P \sim vO_{2\text{ rel}}$
Мужчины ($n = 35$)	0,978	0,530	0,946	0,434
Женщины ($n = 21$)	0,965	0,267	0,888	0,516

Результаты исследования отдельно по спортсменам – мужчинам и женщинам – показывают, что связь между мощностью педалирования и скоростью потребления кислорода при использовании абсолютного значения потребления O_2 более значима, чем при применении относительного значения потребления O_2 . Данный вывод следует сопроводить следующей ремаркой. В исследовании участвовали спортсмены разных возрастных категорий и, следовательно (даже в силу возраста), разных уровней спортивной подготовки. Более высокие показатели уровня потребления O_2 и, как следствие, мощности

педалирования, наблюдались у более старших спортсменов, естественно, с более высоким уровнем спортивной квалификации. Именно такой широкий по возрастным группам диапазон данных выборки предоставил возможность для построения полного графика корреляционной связи между мощностью педалирования и возрастом спортсмена, сгруппированным по возрастным категориям. На рисунке 2 представлен график возрастного роста мощности педалирования у спортсменов-мужчин в тесте № 1, являющийся характерным и для других сочетаний «возраст + квалификация – тест».

Рис. 2.
Взаимосвязь мощности педалирования (средние значения) с возрастом спортсменов-мужчин (по возрастным группам) и спортивной квалификацией в тесте № 1 "20 minute FTP test"



Межгрупповые различия в средних значениях мощности педалирования по возрастным группам спортсменов-мужчин в обоих тестах оказались статистически значимы ($p < 0,05$). Сгруппировать в данной выборке спортсменов отдельно по возрасту или спортивной квалификации не представляется возможным. В женской группе спортсменов статистически значимые межгрупповые различия зафиксированы в диапазоне возраста 10–18 лет. Начиная с 19 лет, объёмы выборок в возрастных категориях «19–20 лет» и «21–22 года» были недостаточными (5 и 4 соответственно) для проведения статистического сравнительного анализа. Полученные результаты позволяют сформулировать решение первой задачи:

- взаимосвязь мощности педалирования со скоростью потребления O_2 и лёгочной вентиляцией в обоих тестах у спортсменов различной спортивной квалификации мужского и женского пола, специализирующихся в ДЛ ВС, имеет линейный характер;
- наибольшая степень тесноты взаимосвязей между параметром, отражающим внешнюю сторону стандартной

тестовой нагрузки – «критическая мощность педалирования», наблюдается с двумя параметрами, отражающими внутреннюю сторону нагрузки: 1) «скорость потребления кислорода, абсолютная, средняя в тесте» – $vO_{2\text{ abs}}$; 2) «лёгочная вентиляция» – ve . Взаимосвязь может быть охарактеризована в первом случае ($vO_{2\text{ abs}}$) как «очень высокая» – диапазон коэффициента корреляции R составил: 0,94–0,97; во втором случае (ve) – «высокая – очень высокая»: 0,85–0,96.

В ходе работы было также обращено внимание на относительную схожесть значений коэффициентов линейной функции: $P_{cr}(t) = f(vO_{2\text{ abs}})$ у спортсменов в обоих тестах. Сводные данные по коэффициентам линейной функции представлены в табл. 4.

Анализ значений угловых и линейных коэффициентов линейной функции " $P_{cr}(t) = f(vO_{2\text{ abs}})$ " в табл. 4 показывает высокую степень их тождественности: угловые коэффициенты a в трёх случаях из четырёх практически совпадают – в среднем прирост мощности педалирования составляет примерно 87,0 Вт на каждый литр



утилизированного O_2 . В тесте № 1 у женщин угловой коэффициент оказался несколько больше: 96,6 Вт/л/мин. Тождественность коэффициентов линейной функции a и b позволяет утверждать о возможности и обоснованности построения единого графика " $P_{cr}(t) = f(vO_{2\text{abs}})$ " для всех спортсменов, принимавших участие в обоих тестированиях. Сводный график попарных значений " $P_{cr}(t) \sim vO_{2\text{abs}}$ " для всех спортсменов в обоих тестах с графиками корреляции представлен на рис. 3.

В рамках исследуемой группы спортсменов мощность педалирования в обоих тестах прямо пропорциональна абсолютной скорости потребления O_2 (рис. 3). Чем большим значением $vO_{2\text{abs}}$ обладает спортсмен, тем большую критическую мощность педалирования $P_{cr}(t)$ он может продемонстрировать в ходе теста – соотношение составляет: на один литр $vO_{2\text{abs}}$ приходится 86–88 Вт $P_{cr}(t)$.

Приводимые в некоторых источниках рекордные значения $vO_{2\text{abs}}$ в 5,5–6,0 л/мин дают при расчёте 490–530 Вт критической мощности, соответствующей времени удержания $vO_{2\text{abs}}$. Отметим, что угловой коэффициент a линейной функции " $P_{cr}(t) = a \times vO_{2\text{abs}} + b$ " с высокой

Таблица 4

Коэффициенты линейной функции " $P_{cr}(t) = a \times vO_{2\text{abs}} + b$ " у спортсменов в тесте № 1 ("20 minute FTP test") к тесту № 2 "5k Distance Challenge" (округлены до 0,1)

Категория спортсменов	Тест № 1		Тест № 2	
	Коэффициент линейной функции			
	a	b	a	b
Мужчины ($n = 35$)	87,5	–33,7	86,5	–27,3
Женщины ($n = 21$)	96,6	–48,4	86,8	–22,4

степенью вероятности может являться константой, так как сам характер линейной функции в используемых тестах предопределяет его постоянство на протяжении всего интервала аргументов. Следовательно, исходя из свойства линейной функции, отношение $P/vO_{2\text{abs}}$ будет одинаковым для каждого из участников исследования (при прочих равных условиях).

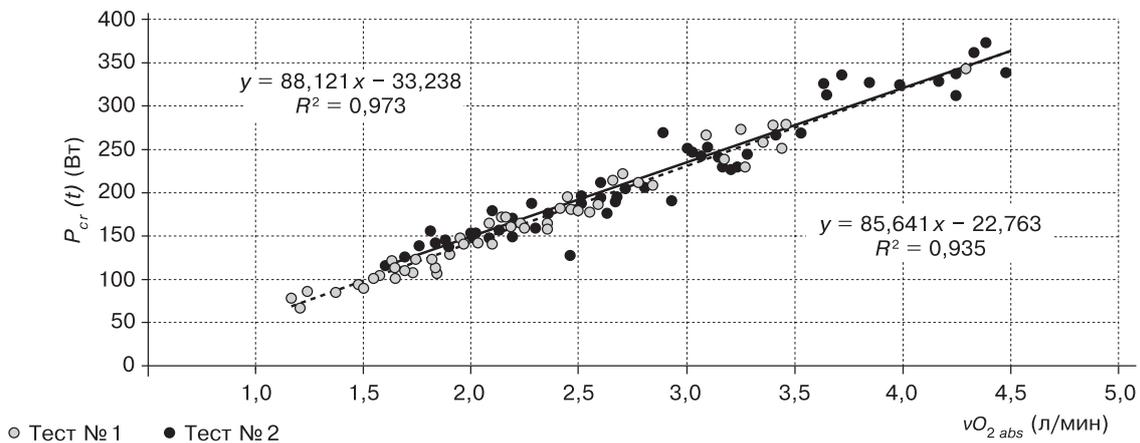


Рис. 3. Зависимость между параметрами «мощность педалирования» и «абсолютная скорость потребления кислорода» в тестах Wattbike: № 1 "20 minute FTP test" и № 2 "5k Distance Challenge" ($n = 112$)

Функциональная пороговая мощность педалирования велосипедиста (*Functional Threshold Power, FTP*) является той наивысшей мощностью, которую гонщик может поддерживать в квазистационарном состоянии без утомления [11]. FTP – это самая высокая средняя мощность, которую спортсмен способен удержать в течение 60 мин, но определяется она в тесте длительностью 20 мин с последующей понижающей корректировкой полученного значения мощности через коэффициент 0,95 [11]. Знание индивидуального FTP для спортсмена очень важно, так как в профессиональном ВС он используется сразу в нескольких качествах: 1) целевого индикатора результативности тренировочной программы; 2) исходного параметра для установления индивидуальных показателей тренировочных упражнений при их выполнении на велоэргометре Wattbike, а также 3) для расчёта параметров тренировочных уровней или зон [11]. В том числе и по этим причинам тест "20 minute FTP test" рекомендуется как базовый для велосипедистов [9, 10, 11].

Критическая мощность, по мнению Волкова Н.И. (2011), равна той, которую спортсмен испытывает на максимуме аэробной способности, что выражается максимальным потреблением кислорода или МПК [8]. Предельная продолжительность нагрузки такой мощности соответствует примерно 5–6 мин предельной работы, при этом метаболическая ёмкость нагрузки на уровне МПК составляет 10–11 мин [9]. В базе тестов Wattbike для указанных параметров мощности и времени нагрузки наиболее подходящим является упражнение (тест № 1) "5k Distance Challenge", что явилось главным основанием для его выбора в наших исследованиях. Чтобы соблюсти временной параметр критической мощности, юные спортсмены до 12–13 лет включительно выполняли данный тест на укороченной дистанции 3 км.

Главный и единственный критерий результата в велосипедных гонках – средняя скорость передвижения, которая является функцией мощности педалирования. Видимо, поэтому в профессиональном велоспорте ТУ СФП



гонщиков принято оценивать по соотношению «предельная мощность педалирования – время удержания». График индивидуальной зависимости «мощность педалирования – продолжительность удержания» специалистами велоспорта именуется как «профиль критической мощности спортсмена» [9]. Вместе с тем один из постулатов биохимии мышечной деятельности гласит, что при мышечной работе между скоростью дефосфорилирования аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) и уровнем стимуляции тканевого дыхания существует линейная зависимость, которая обуславливает линейный характер увеличения скорости потребления кислорода (vO_2) с ростом мощности выполняемой нагрузки вплоть до уровня, при котором вступают в действие лимиты кровоснабжения работающих мышц [8]. Объединяя три вышеуказанных тезиса, можно сформулировать гипотезу в виде следующей причинно-следственной цепочки: при выполнении стандартного физического упражнения предельной мощности (например, велогонка или тест на велоэргометре) индивидуально достижимый уровень vO_2 велогонщика детерминирует критическую мощность выполняемой данным спортсменом мышечной работы (преобразуемую в мощность педалирования P), которая в свою очередь определяет его скорость движения по дистанции v_{dist} . Установив в тестированиях точные соотношения “ $vO_2 - P$ ” и “ $P - v_{dist}$ ”, специалистами КНГ в рамках ЭКО по параметрам vO_2 и P выполняется регулярная оценка ТУ СФП спортсмена. Сравнивая полученные при тестировании спортсмена средние значения параметров vO_2 и P с заданными значениями, принятыми в качестве целевых или промежуточных индикаторов в индивидуальной программе подготовки спортсмена, можно оценивать эффективность тренировочной программы в целом и по этапам подготовки. В этом смысле параметры vO_2 и P выступают в роли ключевых параметров, метрологически надёжно оценивающих текущую СФП спортсмена.

Таким образом, ключевыми параметрами оценки динамики СФП велогонщиков, специализирующихся в длительных локомоциях велоспорта, в обоих тестах на велоэргометре *Wattbike* являются (средние значения в тестах):

- мощность педалирования;
- скорость поглощения кислорода абсолютная;
- лёгочная вентиляция (точнее – скорость лёгочной вентиляции).

Протоколы тестирования и получения ключевых параметров СФП в указанных тестах разработаны и приведены в отчёте НИР [6].

В рамках обсуждения практического применения полученных результатов проведённого исследования с высокой степенью определённости можно вывести **правило**: чем большее значение $vO_{2\text{abs}}$ фиксируется у спортсмена при выполнении тестового физического упражнения специального характера, тем большую по закону линейной функции мощность педалирования он демонстрирует, а следовательно, при прочих равных условиях он может показывать более высокую ско-

рость в соревновании. Это правило хорошо соотносится с постулатом биоэнергетики мышечной деятельности в зоне аэробного энергообеспечения физической работы: мышечная клетка генерирует строго определённое количество механической энергии на единицу объёма кислорода, принимающего участие в данном метаболическом процессе, обеспечивающим преобразование энергии при мышечной деятельности, поскольку «скорость потребления O_2 в организме человека равна скорости окислительных превращений в тканях» [8]. Исследование показало, что данный постулат с высокой степенью вероятности может быть одинаково действителен для спортсменов-велосипедистов – мужчин и женщин, а также различного возраста и спортивной квалификации.

Продолжая обсуждение результатов и опираясь на изложенное, можно сформулировать *следствия из вышеуказанного правила*:

- велогонщики с равными значениями $vO_{2\text{abs}}$ при прочих равных условиях должны демонстрировать равные значения мощности педалирования, а значит, и равные спортивные результаты;
- спортсмены с более высоким уровнем $vO_{2\text{abs}}$ будут показывать более высокую мощность педалирования, а следовательно, и лучшие результаты в длительных велосипедных гонках (если в гонке не решаются иные, не связанные со спортивным результатом задачи).

Совокупность этих следствий приводит к формулированию стратегического принципа подготовки спортивного резерва в длительных локомоциях велосипедного спорта: при разработке программ спортивной подготовки, особенно на её ранних этапах следует отдавать приоритет упражнениям, методам и средствам, которые в комплексе способствуют максимальному развитию аэробных способностей. Данный вывод коррелирует с мнением одного из ведущих российских специалистов в области биоэнергетики мышечной активности Н.И. Волкова о том, что эффективность тренировочного процесса определяется тем, в какой степени используемые средства и методы способствуют развитию основных факторов, оказывающих значительное влияние на улучшение спортивных показателей в выбранном типе упражнений [8]. Выдвинутый принцип максимального развития аэробных способностей должен стать методической основой для разработки программ спортивной подготовки следующего поколения, которые будут более эффективными для достижения рекордных результатов в длительных локомоциях велосипедных гонок. Дополнительные исследования для изучения этого вопроса продолжаются в рамках НИР.

Выводы

В ходе исследований было получено, что мощность педалирования, полученная в тестах “20 minute FTP test” и “5k Distance Challenge” на велоэргометре *Wattbike*, имеет высокую тесноту взаимосвязи с абсолютной скоростью потребления кислорода и лёгочной вентиляцией. При этом значение абсолютной скорости потребления кислорода, измеренное в тестах различной физиологической напря-



жённости, надёжно детерминирует выходную мощность педалирования спортсменов, специализирующихся в длительных локомоциях велосипедного спорта, в виде линейной функции с коэффициентом корреляции на уровне: 0,94–0,97.

Тесты “20 minute FTP test” и “5k Distance Challenge” с использованием велоэргометра *Wattbike* могут быть

рекомендованы для включения в программу этапного комплексного обследования спортсменов, специализирующихся в длительных локомоциях велосипедного спорта, с целью оценки их уровня специальной физической подготовленности по ключевым параметрам – мощности педалирования, абсолютной скорости потребления кислорода и лёгочной вентиляции.

*Работа выполнена в рамках государственного задания
ФГБУ ФНЦ ВНИИФК № 777-00036-23-01
(код темы № 001-22/2)*

Литература

1. Мониторинг спортивной подготовки в велосипедном спорте. Часть I. Методика мониторинга развития общей физической подготовленности спортсменов в велосипедном спорте / А.В. Кубеев, В.Л. Алякритский, А.В. Лукин [и др.] // Вестник спортивной науки. – 2023. – № 3. – С. 70–76.

2. *Горбунов, Е.Д.* Мониторинг спортивной подготовки в велосипедном спорте. Часть II. Методика восстановления частично утраченных данных мощности педалирования по данным спутниковой навигации в велосипедном спорте (шоссе) / Е.Д. Горбунов, А.В. Кубеев // Вестник спортивной науки. – 2023. – № 5. – С. 30–36.

3. *Maloney, T.* An Interview With Dr. Michele Ferrari, part one. – URL: <http://autobus.cyclingnews.com/riders/2003/interviews/?id=ferrari03> (дата обращения: 13.08.2023).

4. *Sayer, A.* What Is VAM Cycling – And Can It Help Your Climbing? – URL: <https://biketips.com/what-is-vam-cycling/> (дата обращения: 13.08.2023).

5. Приказ Министерства спорта РФ от 30 ноября 2022 г. № 1099 «Об утверждении федерального стандарта спортивной подготовки по виду спорта «велосипедный спорт». – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202212200018?ysclid=llgm57s5a41106380> (дата обращения: 13.08.2023).

6. Исследование структуры и содержания системы спортивной подготовки спортсменов высокой квалификации в длительных локомоциях велосипедного спорта: отчёт о НИОКР / ФГБУ ФНЦ ВНИИФК; рук. А.В. Ку-

беев; исполн.: Е.Д. Горбунов, А.А. Оганесян, Е.А. Савенкова и др. – М., 2023. – 247 с.

7. *Смирнов, М.Р.* Биоэнергетика спорта: учебно-методическое пособие. Новосибир. гос. пед. ун-т. – Новосибирск: Новосибирское книжное издательство, 2003. – 304 с.

8. *Волков, Н.И., Олейников, В.И.* Биоэнергетика спорта. – М.: Советский спорт, 2011. – 160 с.

9. *Friel, J.* The cyclist's training bible: the world's most comprehensive training guide. – 5th Edition. – 2018. – 675 p. – URL: <https://zlib.pub/book/the-cyclists-training-bible-the-worlds-most-comprehensive-training-guide-5c88gqeugd00> (дата обращения: 19.07.2023).

10. *Wattbike.* Test information. [Электронный ресурс]. – URL: <https://support.wattbike.com/hc/en-gb/sections/360005498479-Tests> (дата обращения: 19.07.2023).

11. *Hunter, Allen, Andrew, R. Coggan, and Stephen, McGregor.* Training and Racing with a Power Meter. – 3th Edition. – 2019. – 384 p. – URL: <https://zlib.pub/book/training-and-racing-with-a-power-meter-2onc4nif48eg> (дата обращения: 19.07.2023).

12. *Lee, H., Martin, D., Anson, J., Grundy, D., Hahn, A.* Physiological Characteristics of Successful Mountain bikers and professional road cyclists. – Journal of Sports Sciences. – 2002. – 20 (1), pp. 1001–1008.

13. *Faria, E.W., Parker, D.L., Faria, I.E.* The science of cycling: physiology and training – part 1, Sports medicine (Auckland, N.Z.). – 2005. – 35 (4), pp. 285–312. – <https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00002>

References

1. Kubeev A.V., Alyakritskiy, V.L., Lukin, A.V., Pendzyuh, I.N. and Mishchenko I.V. (2023), Monitoring of sports training in cycling. Part I. Methodology for monitoring the development of general physical fitness of athletes in cycling, *Vestnik sportivnoy nauki*, Moscow, no. 3, pp. 70–76.

2. Gorbunov, E.D. and Kubeev, A.V. (2023), Monitoring of sports training in cycling. Part II. A technique for

restoring partially lost pedaling power data based on satellite navigation data in cycling (highway), *Vestnik sportivnoy nauki*, Moscow, no. 5, pp. 30–36.

3. Maloney, T. (2003), “An Interview with Dr. Michele Ferrari, part one”, URL: <http://autobus.cyclingnews.com/riders/2003/interviews/?id=ferrari03> (accessed: 13.08.2023).



4. Sayer, A. (2023), "What Is VAM Cycling – And Can It Help Your Climbing?", URL: <https://biketips.com/what-is-vam-cycling/> (accessed: 13.08.2023).
5. Order of the Ministry of Sports of the Russian Federation No. 1099 dated November 30, 2022 "On approval of the federal standard of sports training in the sport of cycling", URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202212200018?ysclid=llgm57s5a41106380> (accessed: 13.08.2023).
6. Kubeev, A.V., Gorbunov, E.D., Oganessian, A.A., Savenkova, E.A., Lemesheva, Yu.S. and et al. (2023), *Research of the structure and content of the system of sports training of highly qualified athletes in long-term cycling locomotives*: R&D report, VNIIFK, Moscow, 247 p.
7. Smirnov, M.R. (2003), *Bioenergetics of sports: Educational manual*, Novosib. state ped. univ. Novosibirsk Book Publishing House, Novosibirsk, Russia, 304 p.
8. Volkov, N.I. and Oleynikov, V.I. (2011), *Bioenergetics of sports*, Soviet sport, Moscow, 160 p.
9. Friel, J. (2018), *The cyclist's training bible: the world's most comprehensive training guide*, 5th edition, 675 p., URL: <https://zlib.pub/book/the-cyclists-training-bible-the-worlds-most-comprehensive-training-guide-5c88gqeugd00> (accessed: 19.07.2023).
10. The official site of Wattbike (2003), "Test information", URL: <https://support.wattbike.com/hc/en-gb/sections/360005498479-Tests> (accessed: 19.07.2023).
11. Hunter, Allen, Andrew, R. Coggan & Stephen, McGregor (2019), *Training and Racing with a Power Meter*, 3th edition, 384 p., URL: <https://zlib.pub/book/training-and-racing-with-a-power-meter-2onc4nif48eg> (accessed: 19.07.2023).
12. Lee, H., Martin, D., Anson, J., Grundy, D. & Hahn, A. (2002), Physiological Characteristics of Successful Mountain bikers and professional road cyclists, *Journal of Sports Sciences*, 20 (1), pp. 1001–1008.
13. Faria, E.W., Parker, D.L. & Faria, I.E. (2005), The science of cycling: physiology and training, part 1, *Sports medicine* (Auckland, N.Z.), 35 (4), pp. 285–312, <https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00002>

