

## СРАВНЕНИЕ СКОРОСТИ БЕГА НА ЛАКТАТНОМ АНАЭРОБНОМ ПОРОГЕ, УСТАНОВЛЕННОМ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ У БЕГУНОВ-ЛЮБИТЕЛЕЙ СО СРЕДНЕЙ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ СКОРОСТЬЮ НА ДИСТАНЦИЯХ 10 И 21,1 км

*Т.С. Спирин*, [TSpirin@sfu-kras.ru](mailto:TSpirin@sfu-kras.ru), <http://orcid.org/0000-0001-6904-9767>

*Е.Л. Прокопьева*, [evgenia-prokopjeva@yandex.ru](mailto:evgenia-prokopjeva@yandex.ru), <http://orcid.org/0000-0002-6818-5780>

*Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия*

**Аннотация.** Цель: выявить методы определения лактатного анаэробного порога (АнП), скорость бега на котором имеет наименьшее отличие от средних соревновательных скоростей бега на дистанциях 10 и 21,1 км у бегунов-любителей. **Материалы и методы.** В исследовании принимали участие 24 бегуна-любителя, которые прошли ступенчатый тест с возрастанием скорости бега до отказа испытуемого от продолжения работы. АнП определен по динамике накопления лактата тремя методами (Dmax, модифицированный Dmax (Dmod) и по фиксированному значению концентрации лактата 4 ммоль/л). Через 1–4 месяца после тестирования спортсмены принимали участие в забегах на дистанциях 10 и 21,1 км, где определялись средние соревновательные скорости. **Результаты.** У бегунов-любителей между значениями скорости бега на АнП, установленными различными методами, значениями скорости бега на отказе от продолжения тестирования и значениями соревновательной скорости на дистанциях 10 и 21,1 км установлена очень сильная взаимосвязь. **Заключение.** Скорость бега на АнП, установленная методом Dmax в тесте с повышением скорости до отказа испытуемого, имеет наименьшее отличие ( $0,04 \pm 0,86$  км/ч,  $n = 15$ ) от средней соревновательной скорости бега на дистанции 21,1 км. Скорость бега на АнП, установленная методом Dmod, имеет наименьшее отличие ( $-0,42 \pm 0,53$  км/ч,  $n = 11$ ) от средней соревновательной скорости бега на дистанции 10 км.

**Ключевые слова:** анаэробный порог, порог анаэробного обмена, бег на выносливость, ПАНО

**Для цитирования:** Спирин Т.С., Прокопьева Е.Л. Сравнение скорости бега на лактатном анаэробном пороге, установленном различными методами у бегунов-любителей со средней соревновательной скоростью на дистанциях 10 и 21,1 км // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 4. С. 14–22. DOI: 10.14529/hsm230402

Original article  
DOI: 10.14529/hsm230402

## COMPARISON RUNNING SPEED AT LACTATE ANAEROBIC THRESHOLD ASSESSED BY VARIOUS METHODS IN RECREATIONAL RUNNERS WITH AN AVERAGE COMPETITIVE SPEED AT DISTANCES 10 AND 21.1 km

*T.S. Spirin*, [TSpirin@sfu-kras.ru](mailto:TSpirin@sfu-kras.ru), <http://orcid.org/0000-0001-6904-9767>

*E.L. Prokopjeva*, [evgenia-prokopjeva@yandex.ru](mailto:evgenia-prokopjeva@yandex.ru), <http://orcid.org/0000-0002-6818-5780>

*Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia*

**Abstract. Aim.** To identify methods for determining anaerobic threshold (AnT), the running speed at which has the smallest difference from the average competitive running speeds at distances of 10 and 21.1 km among recreational runners. **Materials and methods.** The study involved 24 recreational runners after an incremental test until exhaustion. The AnT was measured by lactate levels using three methods (Dmax, modified Dmax (Dmod), and a lactate concentration of 4 mmol/L). 1–4 months after the test, athletes performed at distances of 10 and 21.1 km, where average competitive speeds were obtained. **Results.** For recreational runners, there is a very strong correlation between the running speed at AnT values determined by

various methods, the speed values on refusal to continue testing, and the competitive speed values at distances of 10 and 21.1 km. **Conclusion.** Running speed at AnT assessed by Dmax method in test with an increase speed to failure of subject has the smallest difference ( $0.04 \pm 0.86$  km/h,  $n = 15$ ) from average competitive running speed of 21.1 km. Running speed at AnT did entification by modified Dmax (Dmod) method has the smallest difference ( $-0.42 \pm 0.53$  km/h,  $n = 11$ ) from average competitive running speed of 10 km.

**Keywords:** anaerobic threshold, lactate threshold, Dmax, endurance running

**For citation:** Spirin T.S., Prokopjeva E.L. Comparison running speed at lactate anaerobic threshold assessed by various methods in recreational runners with an average competitive speed at distances 10 and 21.1 km. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(4):14–22. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230402

**Введение.** Аэробная выносливость в беге характеризуется несколькими показателями, среди которых важное значение имеет скорость бега на анаэробном пороге (АнП) [7]. АнП известен в отечественной литературе как порог анаэробного обмена (ПАНО) [1–4].

В настоящее время относительно доступным методом определения АнП без дорогостоящего и сложного в обслуживании газометрического оборудования является тест с повышающейся нагрузкой с определением концентрации лактата в крови [1, 7].

Самый простой способ определения АнП по достижении концентрации лактата 4 ммоль/л (LT4) во время тестирования с повышением скорости/мощности, получивший широкое распространение в практике спорта, не обеспечивает должную точность в индивидуальных случаях [7, 13]. Одним из наиболее ранних свидетельств этого является исследование Н. Stegmann и W. Kindermann (1982), в котором на 19 тренированных гребцах было показано, что попытка выполнить упражнение продолжительностью 50 минут с мощностью, соответствующей концентрации лактата 4 ммоль/л, в ступенчатом тесте была удачной лишь в 4 случаях, в 15 случаях испытуемые смогли удержать данную мощность от 5 до 25 мин [13].

Среди более чем двух десятков способов определения АнП по динамике накопления лактата можно выделить метод Dmax [5], а также его модифицированную версию – Dmod [8, 10, 14]. Данные методы позволяют объективно определить момент времени (и соответствующую интенсивность нагрузки), после которого начинается быстрая фаза роста концентрации лактата. Методы Dmax и Dmod имеют широкое применение в практике тестирования аэробных возможностей спортсменов [6, 8–10, 12, 14].

Определение уровня АнП позволяет определить границу по интенсивности упраж-

нения между зонами с медленным и быстрым ростом вклада анаэробной гликолитической энергосистемы в общую энергопродукцию организма. Это позволяет нормировать направленность тренировок, выделяя преимущественно аэробные или смешанные аэробно-анаэробные виды тренировок [2, 4].

В обзоре О. Faude и соавт. (2009) на основании десятков экспериментальных исследований продемонстрировано, что существует сильная или очень сильная взаимосвязь между интенсивностью АнП и результатами соревнований на средние и длинные дистанции [7]. Однако не удалось найти сведений о сравнении соревновательных скоростей бега и скорости АнП, определённой методами Dmax и Dmod. Кроме того, зачастую существует запрос со стороны спортсменов и тренеров на прогнозирование результатов забегов по данным тестирования аэробных возможностей бегуна. По нашему мнению, существует необходимость сравнить соревновательные скорости бегунов и значения скорости бега на АнП, установленной различными методами, с целью приблизительного прогнозирования соревновательных скоростей бега по данным тестирования аэробных возможностей.

**Цель:** выявить методы определения лактатного АнП, скорость бега на котором имеет наименьшее отличие от средних соревновательных скоростей бега на дистанциях 10 и 21,1 км у бегунов-любителей.

**Материалы и методы.** В исследовании участвовали 24 бегуна-любителя: 9 женщин (средний возраст  $32,3 \pm 3,9$  года, средняя масса тела  $56,9 \pm 3,8$  кг) и 15 мужчин (средний возраст  $34,1 \pm 3,8$  года, средняя масса тела  $74,6 \pm 15,1$  кг). Все испытуемые на момент прохождения тестирования имели опыт регулярных беговых тренировок не менее 1,5 лет. Испытуемые прошли тест со ступенчато возрастающей скоростью бега на беговой дорожке Pro-Form Power 995i с уклоном 1 %, бег

продолжался до отказа испытуемого от продолжения работы. Начальная скорость – 6 км/ч, скорость повышалась каждые 4 минуты на 2 км/ч. В случае если испытуемый не мог пробежать последнюю ступень 4 минуты, скорость бега на отказе от продолжения тестирования ( $v_{max}$ ) рассчитывалась по зависимости [3]:

$$v_{max} = v_{n-1} + \frac{(v_n - v_{n-1})t_n}{k},$$

где  $v_n$  – скорость бега на последней ступени, км/ч;  $v_{n-1}$  – скорость бега на предпоследней ступени теста, км/ч;  $t_n$  – время бега на последней ступени, с;  $k$  – планируемая продолжительность ступени в тесте, с (240 с). В случае если АнП фиксировался не точно в момент окончания ступени, значение скорости АнП, рассчитывалось таким же образом.

Образец капиллярной крови анализировался при помощи анализатора Nova Lactate plus (sport) (США). Кровь для анализа получали непосредственно перед тестированием, каждый раз перед повышением скорости и сразу после завершения работы из дистальной фаланги безымянного пальца.

В результате тестирования были рассчитаны следующие показатели аэробных возможностей: скорость бега на АнП, установленная методом Dmax; скорость бега на АнП, установленная методом Dmod; скорость бега на АнП, установленная методом LT4; ско-

рость бега на отказе от продолжения тестирования  $v_{max}$ .

Образец расчёта АнП различными методами по динамике лактата приведён на (рис. 1).

Метод Dmax заключается в том, что уровень АнП определяется графически или аналитически по абсциссе точки пересечения полинома третьей степени, аппроксимирующего лактатные измерения, с наиболее длинным перпендикуляром, проведенным от прямой, соединяющей начальную и конечную точку лактатной кривой [5]. Модифицированный метод Dmax (Dmod) отличается от метода Dmax тем, что в качестве начальной точки прямой используется точка, после которой концентрация лактата возрастает на 0,4 ммоль/л или больше [12]. Скорость бега на АнП методом LT4 определялась по абсциссе точки с концентрацией лактата 4 ммоль/л.

Через 1–4 месяца после тестирования спортсмены принимали участие в забегах на дистанциях 10 км ( $n = 11$ ) и 21,1 км ( $n = 15$ ), на которых определялись средние соревновательные скорости бега  $v_{10}$  и  $v_{21}$ , соответственно. Соревнования проводились на шоссе, перепад высот на дистанции не превышал 10 м. Двое из 24 спортсменов участвовали в забегах на обеих дистанциях.

Визуальное представление отличия скоростей бега на АнП, определённых различными методами, от средних соревновательных

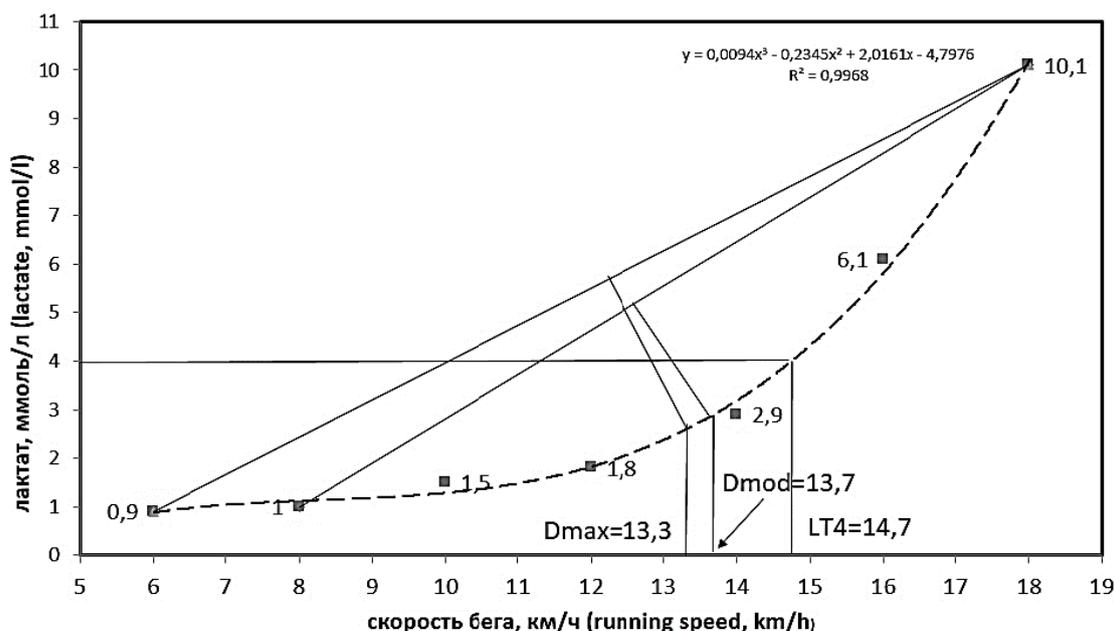


Рис. 1. Пример определения АнП различными методами по динамике лактата  
Fig. 1. An example of the determination of AnT by various lactate methods

скоростей на дистанциях 10 и 21,1 км рассчитывалось методом Блэнда – Алтмана. Диаграмма Блэнда – Алтмана в нашем случае представляет зависимость *разности* между значениями скорости бега на АнП и соревновательной скорости от среднего арифметического значения между скоростью бега на АнП и соревновательной скоростью. На диаграммах Блэнда – Алтмана представлена средняя разность между значениями скоростей бега на АнП и значениями средних соревновательных скоростей, а также границы 95 % доверительного интервала разброса значений этой разности. Дополнительно на диаграммах были построены линии тренда, показывающие тенденцию изменения разности между значением скорости бега на АнП и значением средней соревновательной скорости в зависимости от среднего значения этих скоростей.

Метод определения скорости бега на АнП, имеющий наименьшее отличие от средних соревновательных скоростей, выявлялся по наименьшей средней разности, а также по наименьшему стандартному отклонению *разности* этих скоростей.

Ввиду малых размеров выборок коэффициенты корреляции определялись по Спирмену, статистическая значимость отличий определялась при помощи U-критерия Манна – Уитни. Все расчёты и графические построения выполнены в MS Excel.

**Результаты.** Результаты тестирования и соревновательных забегов участников нашего исследования представлены в табл. 1, 2.

Наши результаты (см. табл. 2) согласуются с данными исследования I. Arratibel-Imaz и соавт. (2015) на тренированных спортсменах ( $n = 162$ ) различных методов определения АнП, в котором показано, что метод LT4 статистически значимо превышает уровень АнП относительно 10 других методов определения АнП (в том числе Dmax) [9]. Однако в нашем случае отличия между различными методами определения АнП статистически не значимы, вероятно, из-за сильно различающегося уровня спортивной подготовленности в выборке бегунов-любителей.

В табл. 3 представлены коэффициенты корреляции между скоростями бега на различных дистанциях и показателями аэробной выносливости, полученными в результате тестирования аэробных возможностей бегунов.

В табл. 3 показано: у бегунов-любителей между значениями скорости бега на АнП, установленной различными методами, значениями скорости бега на отказе от продолжения работы и значениями соревновательной скорости на дистанциях 10 и 21,1 км установлена очень сильная взаимосвязь.

Наши расчёты, показанные в табл. 3, согласуются с данными исследования К. Roesser и соавт. (1998) на 427 бегунах [11],

Таблица 1  
Table 1

Скорость бега на АнП ( $M \pm SD$ ), установленная различными методами (Dmod, Dmax, LT4), скорость бега на отказе от продолжения тестирования  $v_{max}$  и средняя скорость на дистанции 10 км  $v_{10}$ , км/ч ( $n = 11$ )  
Running speed at AnT ( $M \pm SD$ ) obtained with various methods (Dmod, Dmax, LT4), running speed at exhaustion ( $v_{max}$ ), and average competitive speed at 10 km ( $v_{10}$ ), km/h ( $n = 11$ )

Dmod, км/ч (km/h)	Dmax, км/ч (km/h)	LT4, км/ч (km/h)	$v_{max}$ , км/ч (km/h)	$v_{10}$ , км/ч (km/h)
13,2 ± 2,4	12,8 ± 2,3	13,0 ± 3,0	15,6 ± 2,6*	13,6 ± 2,7

*Примечание.* Здесь и в табл. 2 \* – статистически значимое отличие от остальных рядов ( $p < 0,05$ ).  
*Note.* Here and in the table 2 \* – significant difference ( $p < 0.05$ ).

Таблица 2  
Table 2

Скорость бега на АнП ( $M \pm SD$ ), установленная различными методами (Dmod, Dmax, LT4), скорость бега на отказе от продолжения тестирования  $v_{max}$  и средняя скорость на дистанции 21,1 км  $v_{21}$ , км/ч ( $n = 15$ )  
Running speed at AnT ( $M \pm SD$ ) obtained with various methods (Dmod, Dmax, LT4), running speed at exhaustion ( $v_{max}$ ), and average competitive speed at 21 km ( $v_{21}$ ), km/h ( $n = 15$ )

Dmod, км/ч (km/h)	Dmax, км/ч (km/h)	LT4, км/ч (km/h)	$v_{max}$ , км/ч (km/h)	$v_{21}$ , км/ч (km/h)
13,4 ± 2,4	12,9 ± 2,3	14,0 ± 2,5	15,9 ± 2,9*	12,9 ± 2,7

Таблица 3  
Table 3

Кoeffициенты корреляции ( $p < 0,01$ ) между средней соревновательной скоростью и скоростью бега на АНП, установленной различными методами (Dmax, Dmod, LT4), а также скоростью бега на отказе от продолжения тестирования  $v_{max}$   
Correlation coefficients ( $p < 0.01$ ) between the average competitive speed and the running speed of AnT obtained with various methods (Dmax, Dmod, LT4) or running speed at exhaustion ( $v_{max}$ )

	Средняя скорость на дистанции Average competitive speed	Dmod	Dmax	LT4	$v_{max}$
11	$v_{10}$	0,98	0,91	0,96	0,96
15	$v_{21}$	0,97	0,98	0,98	0,97

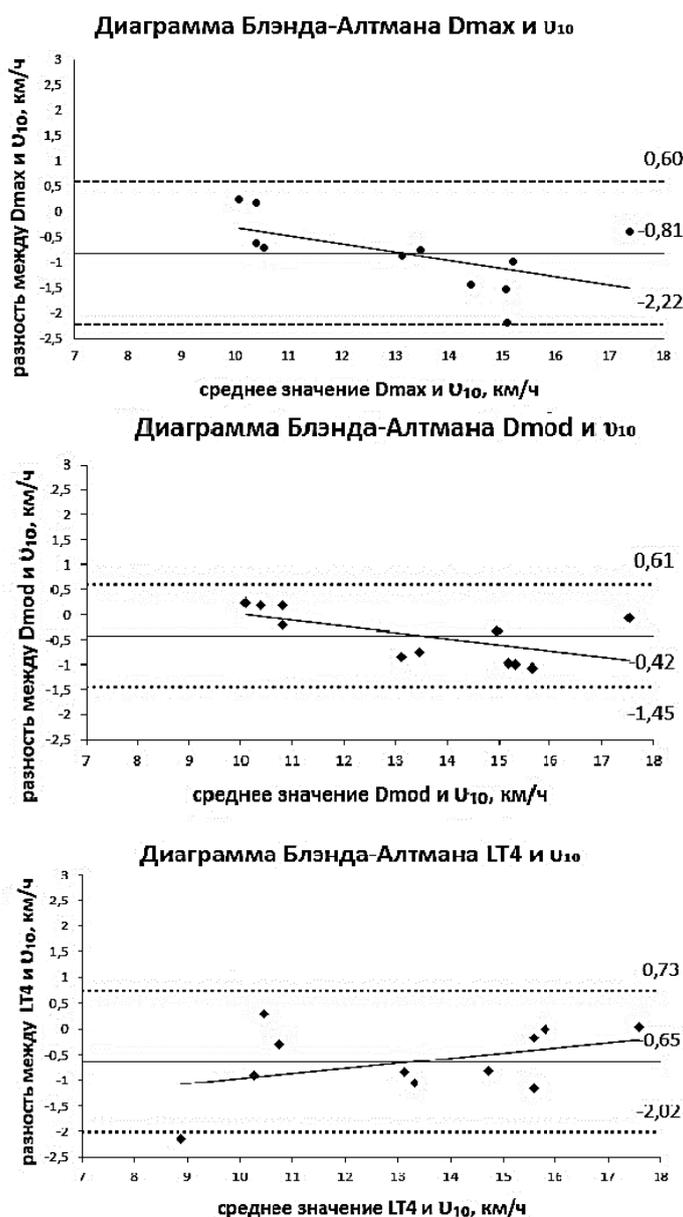


Рис. 2. Диаграммы Блэнда – Алтмана для АНП, установленного различными методами и средней соревновательной скорости бега на дистанции 10 км ( $n = 11$ )

Fig. 2. Bland – Altman plots for AnT values obtained with various methods and the average competitive speed at 10 km ( $n = 11$ )

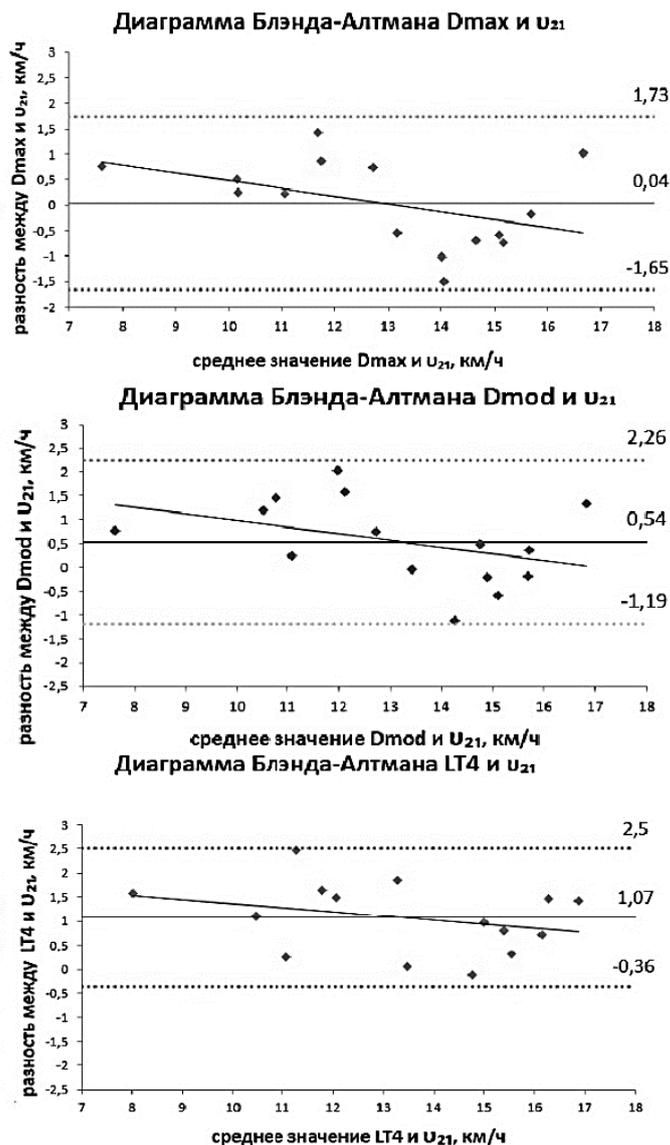


Рис. 3 Диаграммы Блэнда – Алтмана для АнП, установленного различными методами и средней соревновательной скорости бега на дистанции 21,1 км (n = 15)  
Fig. 3. Bland – Altman plots for AnT values obtained with various methods and the average competitive speed at 21.1 km (n = 15)

данными обзора O. Faude и соавт. (2009) [7], а также исследованием S.P. Tokmakidis и соавт. (1998) [15].

По нашему мнению, для ранжирования спортсменов по предполагаемому результату достаточно определения только показателя скорости бега на отказе от продолжения тестирования  $v_{\max}$ , что не требует лактатных измерений, но требует проведения максимального теста.

Для того чтобы сравнить среднюю соревновательную скорость на дистанциях 10 и 21,1 км со значением скорости АнП, нами были построены диаграммы Блэнда – Алтмана. Результаты представлены на рис. 2, 3.

На рис. 2 видно, что скорость бега на АнП, установленная методом Dmod, имеет наименьшее отличие ( $-0,42 \pm 0,53$  км/ч,  $M \pm SD$ ) от средней соревновательной скорости бега на дистанции 10 км по сравнению со скоростью бега на АнП, установленной другими методами.

На рис. 3 видно, что скорость бега на АнП, установленная методом Dmax, имеет наименьшее отличие ( $0,04 \pm 0,86$  км/ч,  $M \pm SD$ ) от средней соревновательной скорости бега на 21,1 км по сравнению со скоростью бега на АнП, установленной другими методами.

Метод LT4 имеет большее отличие скорости бега на АнП от средней соревновательной скорости бега, чем методы Dmax и Dmod

(см. рис. 2 и 3), вероятно, из-за того, что метод LT4 не учитывает индивидуальные особенности динамики накопления лактата [7].

По отрицательному показателю наклона линий тренда (см. рис. 2, 3) можно отметить, что по мере увеличения спортивного уровня бегунов (увеличения значения скорости по оси абсцисс) видна тенденция к уменьшению разности между значением скорости бега на АНП, установленной методами Dmax и Dmod и значением средней соревновательной скорости бега. Аналогичная тенденция по разности между скоростью/мощностью работы на АНП, установленной методом Dmax, и скоростью/мощностью на максимальном устойчи-

вом состоянии по лактату (MLSS) установлена в исследовании L. Zwingmann и соавт. (2019) на 17 велосипедистах и 18 бегунах [10]. Однако данное наблюдение требует проверки на большей выборке данных.

**Заключение.** Наименьшее отличие ( $-0,42 \pm 0,53$  км/ч,  $M \pm SD$ ) от средней соревновательной скорости бега на дистанции 10 км среди бегунов-любителей имеет скорость бега на АНП, установленная методом Dmod. Наименьшее отличие ( $0,04 \pm 0,86$  км/ч,  $M \pm SD$ ) от средней соревновательной скорости бега на дистанции 21,1 км среди бегунов-любителей имеет скорость бега на АНП, установленная методом Dmax.

### Список литературы

1. Бреслав, И.С. Дыхание и мышечная активность человека в спорте: руководство для изучающих физиологию человека: текст / И.С. Бреслав, Н.И. Волков, Р.В. Тамбовцева. – М.: Совет спорт, 2013. – 336 с.
2. Волков, Н.И. Биоэнергетика спорта: монография / Н.И. Волков, В.И. Олейников. – М.: Совет спорт, 2011. – 160 с.
3. Попов, Д.В. Физиологические основы оценки аэробных возможностей и подбора тренировочных нагрузок в лыжном спорте и биатлоне / Д.В. Попов, А.А. Грушин, О.Л. Виноградова. – М.: Совет спорт, 2014. – 80 с.
4. Тамбовцева, Р.В. Состояние метаболизма при напряженной мышечной деятельности спортсменов циклических видов спорта / Р.В. Тамбовцева, Ю.Л. Войтенко, В.П. Орел. – М.: ТВИ Дивизион, 2017. – 120 с.
5. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds / B. Cheng, H. Kuipers, A.C. Snyder et al. // *International journal of sports medicine*. – 1992. – No. 13. – P. 518–522. DOI: 10.1055/s-2007-1021309
6. Comparison of maximal lactate steady state with anaerobic threshold determined various methods based on graded exercise test with 3-min stages in elite cyclists / K. Ploszczyca, D. Jazic, Z. Piotrowicz et al. // *BMC sports science, medicine and rehabilitation*. – 2020. – No. 12. – P. 70. DOI: 10.1186/s13102-020-00219-3
7. Faude, O. Lactate threshold concepts, how valid are they? / O. Faude, W. Kindermann, T. Meyer // *Sports medicine*. – 2009. – Vol. 39, No 6. – P. 469–490. DOI: 10.2165/00007256-200939060-00003
8. Fell, J.W. The modified D-max is a valid lactate threshold measurement in veteran cyclists / J.W. Fell // *Journal of science and medicine in sport*. – 2008. – No. 11. – P. 460–463. DOI: 10.1016/j.jsams.2007.07.012
9. Lack of concordance amongst measurements of individual anaerobic threshold and maximal lactate steady state on a cycle ergometer / I. Arratibel-Imaz, J.C. Gonzalez, J.I. Emparanza, N. Terrados // *The physician and sportsmedicine*. – 2015. – No. 44 (1). – P. 34–45. DOI: 10.1080/00913847.2016.1122501
10. Modifications of the Dmax method in comparison to the maximal lactate steady state in young male athletes / L. Zwingmann, S. Strutt, A. Martin et al. // *The physician and sportsmedicine*. – 2019. – Vol. 47, No. 2. – P. 174–181. DOI: 10.1080/00913847.2018.1546103
11. Predicting competition performance in long-distance running by means of a treadmill test / K. Roecker, O. Schotte, A.M. Niess et al. // *Medicine & Science in Sports & Exercise*. – 1998. – Vol. 30, No. 12. – P. 1750. DOI: 10.1097/00005768-199810000-00014
12. Standardization of the Dmax method for calculating the second lactate threshold / S. Chalmers, A. Esterman, R. Eston, K. Norton // *International journal of sports physiology and performance*. – 2015. – No. 10 (7). – P. 921–926. DOI: 10.1123/ijsp.2014-0537

13. Stegmann H. Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of  $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  lactate / H. Stegmann, W. Kindermann // *International journal of sports medicine*. – 1982. – No. 3. – P. 105–110. DOI: 10.1055/s-2008-1026072

14. The modified Dmax method is reliable to predict the second ventilatory threshold in elite cross-country skiers / N. Fabre, F. Balestreri, B. Pellegrini, F. Schena // *Journal of strength and conditioning research*. – 2010. – Vol. 24, No. 6. – P. 1546–1552. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181dc450a.

15. Tokmakidis, S.P. Failure to obtain a unique threshold on the blood lactate concentration curve during exercise / S.P. Tokmakidis, L.A. Léger, T.C. Piliandis // *European journal of applied physiology*. – 1998. – Vol. 77, No. 4. – P. 333–342. DOI: 10.1007/s004210050342

### References

1. Breslav I.S., Volkov N.I., Tambovtseva R.V. *Dykhaniye i myshechnaya aktivnost' cheloveka v sporte: rukovodstvo dlya izuchayushchikh fiziologiyu cheloveka* [Breathing and Human Muscular Activity in Sports. A Guide for Students of Human Physiology]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2013. 336 p.

2. Volkov N.I., Oleynikov V.I. *Bioenergetika sporta: monografiya* [Bioenergy of Sports]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2011. 160 p.

3. Popov D.V., Grushin A.A., Vinogradova O.L. *Fiziologicheskiye osnovy otsenki aerobnykh vozmozhnostey i podbora trenirovochnykh nagruzok v lyzhnom sporte i biatlone* [Physiological Foundations for Assessing Aerobic Capabilities and Selecting Training Loads in Skiing and Biathlon]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2014. 80 p.

4. Tambovtseva R.V., Voytenko Yu.L., Orel V.R. *Sostoyaniye metabolizma pri napryazhennoy myshechnoy deyatel'nosti sportsmenov tsiklicheskih vidov sporta* [The State of Metabolism During Intense Muscular Activity of Athletes of Cyclic Sports]. Moscow, TVT Divizion Publ., 2017. 120 p.

5. Cheng B., Kuipers H., Snyder A.C. et al. A New Approach for the Determination of Ventilatory and Lactate Thresholds. *International Journal of Sports Medicine*, 1992, no. 13, pp. 518–522. DOI: 10.1055/s-2007-1021309

6. Ploszczyca K., Jazic D., Piotrowicz Z. et al. Comparison of Maximal Lactate Steady State with Anaerobic Threshold Determined Various Methods Based on Graded Exercise Test with 3-min Stages in Elite Cyclists. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 2020, no. 12, p. 70. DOI: 10.1186/s13102-020-00219-3

7. Faude O., Kindermann W., Meyer T. Lactate Threshold Concepts, how Valid are They? *Sports Medicine*, 2009, vol. 39, no. 6, pp. 469–490. DOI: 10.2165/00007256-200939060-00003

8. Fell J.W. The Modified D-max is a Valid Lactate Threshold Measurement in Veteran Cyclists. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2008, no. 11, pp. 460–463. DOI: 10.1016/j.jsams.2007.07.012

9. Arratibel-Imaz I., Gonzalez J.C., Emparanza J.I., Terrados N. Lack of Concordance Amongst Measurements of Individual Anaerobic Threshold and Maximal Lactate Steady State on a Cycle Ergometer. *The Physician and Sports Medicine*, 2015, no. 44 (1), pp. 34–45. DOI: 10.1080/00913847.2016.1122501

10. Zwingmann L., Strutt S., Martin A. et al. Modifications of the Dmax Method in Comparison to the Maximal Lactate Steady State in Young Male Athletes. *The Physician and Sports Medicine*, 2019, vol. 47, no. 2, pp. 174–181. DOI: 10.1080/00913847.2018.1546103

11. Roecker K., Schotte O., Niess A.M. et al. Predicting Competition Performance in Long-Distance Running by Means of a Treadmill Test. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1998, vol. 30, no. 12, p. 1750. DOI: 10.1097/00005768-199810000-00014

12. Chalmers S., Esterman A., Eston R., Norton K. Standardization of the Dmax Method for Calculating the Second Lactate Threshold. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2015, no. 10 (7), pp. 921–926. DOI: 10.1123/ijsp.2014-0537

13. Stegmann H., Kindermann W. Comparison of Prolonged Exercise Tests at the Individual Anaerobic Threshold and the Fixed Anaerobic Threshold of  $4 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  Lactate. *International Journal of Sports Medicine*, 1982, no. 3, pp. 105–110. DOI: 10.1055/s-2008-1026072

14. Fabre N., Balestreri F., Pellegrini B., Schena F. The Modified Dmax Method is Reliable to Predict the Second Ventilatory Threshold in Elite Cross-Country Skiers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2010, vol. 24, no. 6, pp. 1546–1552. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181dc450a

15. Tokmakidis S.P., Léger L.A., Piliandis T.C. Failure to Obtain a Unique Threshold on the Blood Lactate Concentration Curve During Exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 1998, vol. 77, no. 4, pp. 333–342. DOI: 10.1007/s004210050342

***Информация об авторах***

**Спирин Тимур Сергеевич**, магистрант Института физической культуры, спорта и туризма, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия.

**Прокопьева Евгения Леонидовна**, доктор экономических наук, профессор кафедры финансов и управления рисками, Институт экономики, государственного управления и финансов, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия.

***Information about the authors***

**Timur S. Spirin**, Master's student, Department of Theoretical Foundations and Management of Physical Education and Tourism, School of Physical Education, Sport and Tourism, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

**Evgenija L. Prokopjeva**, Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department of Finances and Risk Management, School of Economics, Finance and Public Administration, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

***Вклад авторов:***

Спирин Т.С. – проведение тестов в Красноярске и Абакане, написание первоначального варианта статьи, работа с источниками информации;

Прокопьева Е.Л. – организация тестирований в Абакане, статистические расчёты.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

***Contribution of the authors:***

Spirin T.S. – conducting tests in Krasnoyarsk and Abakan, writing the initial version of the article, literature review;

Prokopjeva E.L. – organization of testing in Abakan, statistical calculations.

The authors declare no conflict of interest.

***Статья поступила в редакцию 29.08.2023***

***The article was submitted 29.08.2023***