

7. Цвелищев, В. Ю. Развитие специальных физических качеств и совершенствование двигательных действий лыжников-гонщиков старших разрядов с учетом асимметрии: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / В. Ю. Цвелищев. – Л., 1983. – 205 л.
8. Дорожко, А. С. Асимметрия латеральных мышечных групп как фактор организации перекрестных движений в лыжных локомоциях / А. С. Дорожко, Д. И. Гусейнов // Вестник спортивной науки. – 2020. – № 2. – С. 77–81.
9. Брагина, Н. Н. Функциональные асимметрии человека / Н. Н. Брагина, Т. А. Доброхотова. – М.: Медицина, 1988. – 240 с.
10. Stöggl, T. Testing concepts for the cross-country skiing sprint / T. Stöggl, S. Lindinger, E. Müller // Science and Nordic skiing / ed. V. Linnamo, P. V. Komi, E. Muller. – Oxford, 2007. – P. 159–170.
11. Pellegrini, B. Poling force analysis in diagonal stride at different grades in cross country skiers / B. Pellegrini, L. Bortolan, F. Schena // Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. – 2011. – Vol. 21, iss. 4. – P. 589–597.
12. Noyes, F. R. Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture / F. R. Noyes, S. D. Barber, R. E. Mangine // American Journal of Sports Medicine. – 1991. – No. 19. – P. 513–518.
13. Peters, M. Footedness: Asymmetries in foot preference and skill and neuropsychological assessment of foot movement / M. Peters // Psychological Bulletin. – 1988. – No. 103 (2). – P. 179–192.

Дорожко А.С.

Белорусский государственный университет физической культуры

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОПУЛЬСИВНЫХ СИЛ
В «ПАССИВНЫХ» ФАЗАХ ЦИКЛА КОНЬКОВОГО
ОДНОВРЕМЕННОГО ОДНОШАЖНОГО ХОДА**

Dorozhko A.S.

Belarusian State University of Physical Culture

**METHOD FOR DETERMINING PROPULSION FORCES
IN THE “PASSIVE” PHASES OF THE CYCLE OF THE G3 (V-1)
CROSS-COUNTRY SKIING TECHNIQUE**

АННОТАЦИЯ. Работа посвящена проблеме достоверной оценки генерации спортсменами пропульсивных сил при передвижении на лыжероллерах коньковыми ходами. С целью определения значений параметров пропульсивных сил, возникающих от опорных взаимодействий нижних конечностей, применялись инструментальные методы тензометрии и видеозахвата движений, позволяющие оценивать кинематические и динамические параметры лыжных передвижений в условиях лыжероллерного тредбана. Приведены данные о величине пропульсивных сил в различных фазах цикла, выполнен анализ полученных результатов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лыжные гонки; биатлон; техника лыжного бега; пропульсивная сила; видеозахват движений; беспроводная тензометрия.

ABSTRACT. The work is devoted to the problem of a reliable assessment of the generation of propulsive forces by athletes when skating on roller skis. In order to determine the indicators of the parameters of propulsion forces arising from the support interactions of the lower limbs, instrumental methods of tensometry and video capture of movements were used, which made it possible to evaluate the kinematic and dynamic parameters of skiing locomotions in the conditions of a ski-roller treadmill. Data on the magnitude of propulsive forces in different phases of the cycle are given, and an analysis of the results obtained is performed.

KEYWORDS: cross-country skiing; biathlon; cross-country skiing technique; propulsive force; motion video capture; wireless strain gauge.

Введение. Передвижение на лыжах с точки зрения биомеханики можно понимать в качестве системы взаимообусловленных двигательных действий, которые отражают характер, направленность и силовые параметры реакций, происходящих при взаимодействии спортсмена с опорой, реактивных сил при маховых действиях, рационального распределения действия сил во времени и пространстве в процессе выполнения лыжного шага [1].

Известно, что в беге на лыжах наилучших результатов добиваются те спортсмены, которые способны с большей эффективностью преобразовать генерируемую силу при отталкивании в продвижение по дистанции [2, 3]. Особенностью отталкивания ногами в коньковых ходах является двойное преобразование прикладываемых гонщиком усилий в пропульсивную силу, величина которой одновременно зависит как от объема силы, прикладываемой спортсменом к инвентарю, так и от углов поперечного отклонения гонщика и курса лыжи к общему направлению движения [4]. Одним из направлений увеличения пропульсивной составляющей силы может также выступать трансформация потенциальной энергии внешних сил в положительную кинематическую. Так, например, было обнаружено, что при передвижении спортсменом коньковым одновременным двухшажным ходом (равнинный вариант) на максимальной и субмаксимальной скорости одновременный и амплитудный мах обеими руками, совершаемый в точной координации с боковым отталкиванием ногой, обеспечивает большой силовой импульс, чем отталкивание ногой, совмещенное с отталкиванием лыжными палками, что позволяет достигать спортсмену тех же величин ускорений при выносе рук вперед, какие достигаются при отталкивании обеими руками [5].

Специалисты лыжного спорта при традиционном системно-структурном анализе техники коньковых ходов выделяют отдельную фазу в циклах движений – фазу свободного скольжения, в которой спортсмен выполняет скольжение на опорной ноге с одновременным выносом рук вперед. Данную фазу можно охарактеризовать как «пассивную» в сравнении с «активной» фазой – фазой отталкивания. В фазе свободного скольжения фокус внимания в основном устремлен на перемещение инвентаря и звеньев тела спортсмена для подготовки к последующему отталкиванию. Однако анализ биомеханических характеристик движения показывает, что в данной фазе возникает некоторое количество пропульсивной силы за счет положительного действия силы гравитации – давления на опорную лыжу силой смещенного веса (рисунок 1) [6].



Рисунок 1 – Возникновение боковой силы, вызванной поперечным отклонением тела лыжника (горизонтальная зеленая стрелка) [6]

Ранее по результатам теоретических расчетов сообщалось, что величина импульса пропульсивных сил отталкивания ногой давлением на опорную стопу смещенным весом в фазе свободного скольжения может составлять порядка 8–10 Н·с для спортсмена массой 70–75 кг, что в конечном счете составляет около 20 % от общей величины импульса пропульсивной силы, возникающей при опорных взаимодействиях нижних конечностей [4]. Однако более подробной информации о данном явлении не было опубликовано в открытых источниках, как и нет информации о величинах положительного действия силы смещенного веса, полученных в результате реальных измерений. Следовательно, целью данного исследования было определить величину пропульсивной силы смещенного веса в фазе свободного скольжения спортсменов при передвижении коньковым одновременным одношажным ходом в условиях лыжероллерного тредбана.

Методы и организация исследования. В рамках исследования был выполнен анализ динамических параметров движений нижних конечностей высококвалифицированных спортсменов-юниоров ($n=5$ – лыжники-гонщики, $n=5$ – биатлонисты; возраст $19,3 \pm 0,8$ лет) при передвижении на лыжероллерах коньковым одновременным одношажным ходом в условиях тредбана с интенсивностью, соответствующей индивидуальному порогу анаэробного обмена, определяемого в результате измерений показателей параметра респираторного коэффициента с использованием мобильной системы кардиопульмонарного тестирования Metamax 3B (CORTEX Biophysik GmbH, Лейпциг, Германия). Для того чтобы вывести спортсменов на необходимую интенсивность, им предлагался тест со ступенчато медленно возрастающей нагрузкой, с увеличением угла наклона тредбана на 1° каждые 4 минуты и остающейся неизменной скоростью движения ленты (3 м/с). У всех спортсменов, участвующих в исследовании, порог анаэробного обмена был зафиксирован на одной и той же ступени – при наклоне тредбана в 5° .

Во время выполнения контрольного упражнения производилась регистрация информации об опорных взаимодействиях спортсменов с помощью лыжероллеров Marwe Skating 610A (Marwe Ltd., Финляндия), оснащенных беспроводными про-

граммируемыми тензометрическими датчиками, позволяющими фиксировать величину упругих деформаций инвентаря. Размеры и вес каждого датчика составляли 85×38×16 мм и 40 г соответственно. Калибровка датчиков проводилась за день до эксперимента в лабораторных условиях с 10 различными стандартными весами (10–100 кг). Данные, полученные в процессе измерений, передавались на устройство-приемник по каналу беспроводной передачи данных (Bluetooth 5.0) с верхней предельной частотой 242 Гц, после чего они в виде текстового файла загружались на ПК для дальнейшей математической обработки. Далее из массива данных, представляющего собой динамику вариабельности величин упругой деформации лыжероллеров по отрезкам времени, выделялись отдельные циклы движений, а также составляющие их периоды и фазы. Кроме того, выполнялась временная стандартизация данных.

Учитывая, что величина упругих деформаций соответствует приложенной к инвентарю силе, из полученных значений определялись показатели параметров пропульсивной составляющей силы (F_{prop} , Н), для чего рассчитывались величины вертикальной и горизонтальной составляющих, а также составляющей силы, действующей по направлению движения лыжероллера. Эти вычисления выполнялись по следующим формулам (1–4) [7]:

$$F_z = F_{ski} \cdot \cos \delta, \quad (1)$$

$$F_x = F_{ski} \cdot \sin \delta, \quad (2)$$

$$F_y = F_x \cdot \sin \varepsilon, \quad (3)$$

$$F_{prop} = F_z \cdot \sin \varphi + F_y \cdot \cos \varphi, \quad (4)$$

где F_{ski} – сила, прикладываемая к лыжероллеру;

F_z – вертикальная составляющая силы;

F_x – горизонтальная составляющая силы;

F_y – составляющая силы по направлению движения лыжероллера;

δ – угол поперечного отклонения толчковой ноги;

ε – угол горизонтальной ориентации лыжероллера по отношению к направлению движения ленты беговой дорожки тредбана;

φ – угол наклона дорожки тредбана.

Величины значений углов δ и ε определялись на основании данных видеозахвата движений, полученных с применением оптико-электронного аппаратно-программного комплекса Qualysis (Qualisys AB, Швеция). Угол δ рассчитывался как отношение вектора, перпендикулярного платформе лыжероллера и проходящего через коленный сустав толчковой ноги к вертикальной плоскости. Угол ε определялся как угол между направлением движения лыжероллера (линия, проведенная через два маркера, расположенных на внешней стороне лыжероллера) и вертикальной продольной плоскостью (вектор направления движения ленты тредбана).

Далее рассчитывался импульс пропульсивной силы (p_{prop} , Н·с) по формуле (5):

$$p_{\text{prop}} = \sum_{i=1}^n \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot (t_{F_2} - t_{F_1}), \quad (5)$$

где F_1 и F_2 – два последовательных значения пропульсивной силы;

t_{F_1} и t_{F_2} – моменты регистрации этих значений;

n – промежутки действия силы, ограниченные последовательными моментами времени, количество которых зависит от частоты дискретизации.

После вышеописанных действий определялись параметры пропульсивной силы ($F_{\text{prop-gr}}$, Н) и импульса пропульсивной силы ($p_{\text{prop-gr}}$, Н·с), возникающих в фазе свободного скольжения. Граничными моментами данной фазы служили: начало – постановка лыжероллера на опору; окончание – начало отталкивания ногой (рисунок 2). Следовательно, для математических операций использовались только те значения силовых параметров, которые были зарегистрированы в данной фазе.

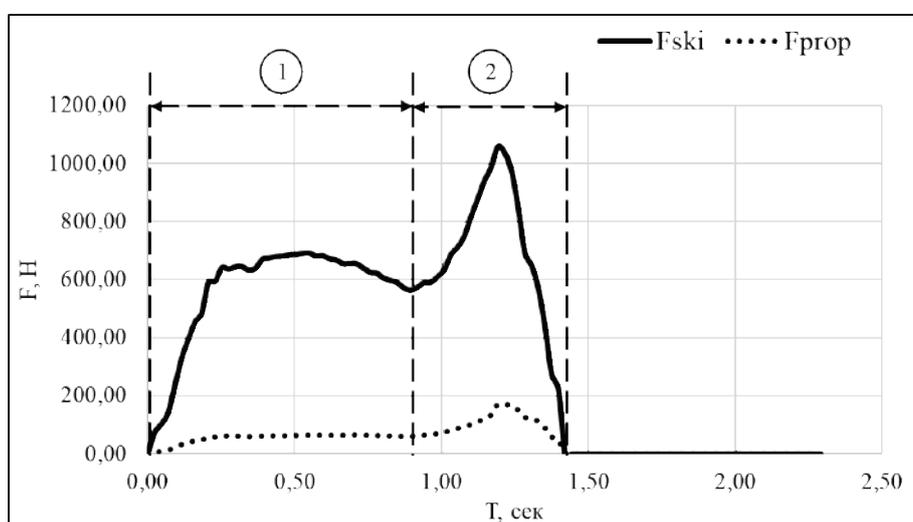


Рисунок 2 – График динамики значений силы, прикладываемой к лыжероллеру, и ее пропульсивной составляющей в одном цикле конькового одновременного одношажного хода: 1 – фаза свободного скольжения; 2 – фаза отталкивания ногой

Результаты и их обсуждение. На рисунке 2 видно, что пропульсивные силы начинают возникать сразу после постановки лыжероллера на опору, задолго до начала активного отталкивания ногой. Величина импульса пропульсивной силы достигала в среднем $230,84 \pm 54,38$ Н·с (таблица). Показатели параметров пропульсивной силы в фазе свободного скольжения находились в диапазоне от $69,42 \pm 18,13$ до $106,22 \pm 24,79$ Н·с, что значительно выше значений, полученных ранее при теоретических расчетах [4]. Величина вклада пропульсивных сил фазы скольжения в общий импульс пропульсивной силы опорных взаимодействий нижних конечностей составила в среднем $41,78 \pm 6,46$ %.

Таблица – Данные о пропульсивной составляющей силы, возникающей в результате опорных взаимодействий нижних конечностей при передвижении спортсменов коньковым одно-временным одношажным ходом

	Специализация	F_{prop} , Н	P_{prop} , Н·с	$F_{prop-gr}$, Н	$P_{prop-gr}$, Н·с	$P_{prop-gr}/P_{prop}$, %
С-н № 1	Биатлон	167,55±25,29	259,63±38,29	106,18±17,38	99,40±17,67	38,29
С-н № 2	Биатлон	126,77±19,67	211,96±32,23	95,89±11,20	101,72±11,80	47,99
С-н № 3	Биатлон	151,02±35,87	211,22±50,18	110,28±17,54	100,91±15,88	47,77
С-н № 4	Биатлон	127,92±25,77	159,01±31,85	102,95±18,72	77,62±14,01	48,81
С-н № 5	Биатлон	159,72±38,12	204,53±48,80	107,42±20,19	81,97±15,37	40,08
С-н № 6	Л/Гонки	181,24±50,08	220,66±60,47	102,71±27,15	69,42±18,13	31,46
С-н № 7	Л/Гонки	241,15±64,97	331,49±89,28	144,02±33,52	106,22±24,79	32,04
С-н № 8	Л/Гонки	140,82±40,77	216,01±62,62	89,16±20,58	94,73±21,85	43,85
С-н № 9	Л/Гонки	161,38±34,30	224,44±47,73	109,99±21,17	94,61±18,23	42,15
С-н № 10	Л/Гонки	173,14±52,43	269,40±82,32	97,32±26,75	95,25±25,97	35,36
$\Sigma \pm \sigma$		163,07±38,73	230,84±54,38	106,59±21,42	92,19±18,37	40,78±6,46

Примечание: показатели параметров F_{prop} и $F_{prop-gr}$ приведены как средние значения силы за время ее действия.

Если сравнивать показатели параметров среди спортсменов различных специализаций, то средние величины импульса пропульсивной силы в фазе свободного скольжения были практически одинаковы – $92,32 \pm 14,95$ Н·с у биатлонистов и $95,05 \pm 21,08$ Н·с у лыжников-гонщиков. Однако общая величина импульса пропульсивной силы у лыжников была существенно выше – $252,40 \pm 68,48$ Н·с против $209,27 \pm 40,27$ Н·с. Эта особенность может указывать на то, что лыжники, участвующие в исследовании, имели более эффективную биомеханическую структуру движений в фазе отталкивания ног, которая позволяла им трансформировать прикладываемую силу в пропульсивную с меньшими потерями, и/или они могли генерировать большую величину усилий при отталкивании ног, чем биатлонисты. Следовательно, вклад пропульсивных сил фазы скольжения в общий импульс пропульсивной силы был у лыжников-гонщиков ниже, чем у биатлонистов ($36,97 \pm 0,06$ % и $44,59 \pm 0,05$ % у лыжников и биатлонистов соответственно).

Как было описано выше, величина пропульсивной силы от опорных взаимодействий нижних конечностей зависит от углов поперечного отклонения тела гонщика (отведения опорной ноги) и угла горизонтальной ориентации лыж к общему направлению движения. Соответственно, для ее повышения спортсмену следует стремиться к изменению значений данных углов в сторону увеличения. Однако обращать внимание на это в фазе свободного скольжения нужно избирательно. Известно, что при передвижении на лыжах коньковыми ходами существует отрицательная взаимосвязь между уровнем результативности спортсменов и значениями угла горизонтальной ориентации лыж по отношению к общему направлению движения [3, 8, 9]. Кроме того, ранее сообщалось, что увеличение значений указанного угла может способствовать снижению скорости бега при сохранении неизменными остальных биомеханических параметров за счет увеличения амплитуды поперечных колебаний общего центра масс спортсмена [2]. Касательно увеличения поперечного отклонения тела гонщика в фазе свободного скольжения нужно отметить, что в таком случае наравне с повышением пропульсивной составляющей силы будет происходить смещение

точки центра давления за границы площади опоры и далее от нее. Следовательно, спортсмен будет оказываться в более сложной ситуации с точки зрения сохранения равновесия, что в конечном итоге может привести к ряду технических ошибок, таких как, например, ранняя постановка маховой ноги на опору с последующим опережающим переносом массы тела на нее [10], либо к падению. Поэтому, по нашему мнению, величина пропульсивных сил смещенного веса в фазе отталкивания будет являться компромиссной между значениями показателей пропульсивной силы и ряда описанных параметров.

Выводы. В результате исследования были установлены значения пропульсивной силы, возникающей в фазе свободного скольжения цикла конькового одновременного одношажного хода в результате действия силы смещенного веса, а также ее импульса. Полученные результаты показали, что выявленные параметры являются важными маркерами эффективности выполняемых спортсменом движений. В то же время значения пропульсивной силы смещенного веса в фазе отталкивания являются компромиссными, и их увеличение не всегда может способствовать повышению результативности спортсмена.

Определение пропорциональных долей вклада каждого из действий в суммарный пропульсивный импульс дает возможность через предлагаемую методику оценивать эффективность выполняемых спортсменом движений по фазам с возможностью определения индивидуально-оптимальной модели техники лыжных передвижений.

1. Гурский, А. В. Педагогическая концепция управления системой двигательных действий лыжников-гонщиков: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.04 / А. В. Гурский. – Смоленск, 2015. – 379 л.

2. General strength and kinetics: fundamental to sprinting faster in cross-country skiing? / T. Stöggl [et al.] // *Scandinavian journal of medicine and science in sports*. – 2011. – Vol. 21, iss. 6. – P. 791–803.

3. Biomechanical determinants of cross-country skiing performance: a systematic review / C. Zoppirolli [et al.] // *Journal of Sports Sciences*. – 2020. – Vol. 38, iss. 18. – P. 2127–2148.

4. Рудберг, М. Ю. Модель лыжного конькового отталкивания в шаге КООХ / М. Ю. Рудберг // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте: материалы II Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Москва, 19–21 ноября 2014 г. / Московская гос. академия физ. культуры; ред. А. Н. Фураев. – М., 2014. – С. 81–88.

5. Линдингер, Ш. Биодинамические и биокинематические аспекты техники конькового хода в качестве основы для отработки техники лыжного бега / Ш. Линдингер, Э. Мюллер // Современная система спортивной подготовки в биатлоне: материалы III Всерос. науч.-практ. конф., Омск, 24–25 апр. 2015 г. / Сибирский гос. ун-т физ. культуры и спорта. – Омск, 2013. – С. 199–274.

6. Рудберг, М. Ю. Управление скоростью в коньковом одновременном одношажном ходе / М. Ю. Рудберг // *Лыжный спорт*. – 2013. – № 60. – С. 56–60.

7. Stöggl, T. Three-dimensional force and kinematic interactions in V1 skating at high speeds / T. Stöggl, H. C. Holmberg // *Medicine & Science in Sports & Exercise*. – 2015. – Vol. 47, iss. 6. – P. 1232–1242.

8. Kinematical analysis of the V2 ski skating technique: a longitudinal study / T. Losnegard [et al.] // *Journal of Sports Sciences*. – 2017. – Vol. 35, iss. 12. – P. 1219–1227.

9. Sandbakk, Ø. The physiological and biomechanical contributions of poling to roller ski skating / Ø. Sandbakk, G. Ettema, H.-C. Holmberg // *European Journal of Applied Physiology*. – 2013. – Vol. 113, iss. 8. – P. 1979–1987.

10. Дорожко, А. С. Оценка техники лыжных передвижений спортсменов по параметрам прилагаемых усилий при взаимодействии с опорой / А. С. Дорожко // Подготовка спортивного резерва: материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием по спортивной науке, Москва, 1–2 декабря 2020 г. / Центр спортивных инновационных технологий и подготовки сборных команд Москомспорта. – М., 2020. – С. 140–145.

Жигайлова Л.В., канд. пед. наук, доцент

Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма

СТРУКТУРА СОРЕВНОВАТЕЛЬНЫХ УПРАЖНЕНИЙ В ПРЫЖКАХ НА АКРОБАТИЧЕСКОЙ ДОРОЖКЕ ПО ПРОГРАММАМ КМС И МС

Zhigailova L.V., Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

Kuban State University of Physical Culture, Sports and Tourism

STRUCTURE OF COMPETITIVE JUMPING EXERCISES ON ACROBATIC TRACK ACCORDING TO CMS AND MS PROGRAMS

АННОТАЦИЯ. В статье определены основные структурные группы элементов для построения соревновательных комбинаций прыгунов на дорожке, выступающих по программам кандидатов в мастера спорта и мастеров спорта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: акробатические прыжки; спортивное мастерство; этап совершенствования спортивного мастерства.

ABSTRACT. The article defines the main structural groups of elements for building competitive combinations of jumpers on the track, performing according to the programs of candidates for the master of sports and masters of sports.

KEYWORDS: acrobatic jumps; sportsmanship; stage of improvement of sportsmanship.

Современные представления многолетней подготовки спортсменов высокой квалификации в прыжках на акробатической дорожке предполагают длительность непрерывного тренировочного процесса 10–15 лет от начального этапа до этапа высшего спортивного мастерства [4].

В последнее время наблюдается тенденция снижения возрастного диапазона для достижения высокого спортивного мастерства. Так, составы молодежных сборных команд по прыжкам на дорожке стали достигать международного уровня в 13–16 лет.

Этап совершенствования спортивного мастерства направлен не только на продолжение этапа углубленной специализации, но и на изучение вариантов максимальной реализации двигательного потенциала спортсмена. В группу задач, которые решаются в тренировочном процессе на данном этапе, входят компоненты, наглядно представлены не на рисунке [3, 4].

Данная направленность в структуре этого этапа вводит необходимость в четком комплексном планировании тренировочного процесса, в котором используется комплекс рационально эффективных средств и методов тренировки для достижения наивысшего спортивного результата [1].