

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ И АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИКИ ПРЫЖКА С ТРАМПЛИНА В ФАЗАХ ОТТАЛКИВАНИЯ И ПОЛЕТА

В.А.В. Зебзеев, О.С. Зданович, Вик.В. Зебзеев¹

¹ ФГБОУ ВО «Чайковский государственный институт физической культуры», Чайковский
Для связи с авторами: E-mail: zebzeev85@mail.ru

Аннотация:

Цель исследования заключалась в изучении биомеханических и аэродинамических особенностей техники прыжка в фазах отталкивания и полета. Установлено, что большинство иностранных авторов в фазе отталкивания выделяют контактную и бесконтактную части, а для более эффективного анализа фазы полета предлагают исследовать кинематические показатели в ее начале, середине и в конце.

В статье представлены угловые характеристики техники отталкивания и полета, которым должен соответствовать прыгун во время прыжка на лыжах с трамплина.

Рассмотрены вопросы, связанные с позитивными и негативными положениями тела спортсмена во время полета, возникающими вследствие расположения аэродинамического центра и центра тяжести по отношению друг к другу.

Результаты исследования могут быть использованы тренерами-преподавателями при обучении юных прыгунов на лыжах с трамплина технике отталкивания и полета.

Ключевые слова: техника, фазы отталкивания и полета, биомеханические и аэродинамические особенности, прыжки на лыжах с трамплина, лыжное двоеборье.

BIOMECHANICAL AND AERODYNAMIC SPECIALTY OF JUMP TECHNIQUE ON THE SKI JUMPING IN PHASES OF THE TAKE OFF AND THE FLIGHT

Vi.V. Zebzeev, O.S. Zdanovich, Vik.V. Zebzeev¹

¹ Tchaikovsky State Physical Education Institute, Tchaikovsky, Russia

Abstract:

The research objective consisted in studying of biomechanical and aerodynamic specialty of jump technique on the ski jumping in phases of the take off and the flight. It is established that most of foreign authors in a phase of the take off away allocate contact and noncontact phases, and for more effective analysis of a phase of flight suggest to investigate kinematic indicators at its beginning, the middle and the end.

The article presents angular characteristics of technology of the take off and the flight phases to which there has to correspond a jumper during ski jumping.

The questions connected with the positive and negative provisions of a body of the athlete during flight arising owing to an arrangement of the aerodynamic center and the center of gravity on the relation to each other are considered.

Results of research can be used by trainers-teachers when training young ski jumpers to technique of the take off and the flight phases.

Key words: technique of the take off and the flight phases, biomechanical and aerodynamic specialty, ski jumping, Nordic combined.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящий момент одной из важных задач технической подготовки в прыжках на лыжах с трамплина является обучение юных спортсменов основам безошибочного выполнения техники такого сложнокоординационного упражнения, как прыжок на лыжах с трамплина, структура которого состоит из следующих основных фаз: разгона, оттал-

кивания, полета и приземления. При этом, по мнению большинства специалистов, наибольшие трудности у юных лыжников-прыгунов вызывает выполнение техники прыжка в фазах отталкивания и полета [2, 3, 4, 7]. Вместе с тем в публикациях российских ученых практически нет сведений, характеризующих биомеханические и аэродинамические особенности техники прыжка на лыжах

в фазах разгона и полета.

Цель исследования заключалась в изучении и описании биомеханических и аэродинамических особенностей техники прыжка в фазе отталкивания и полета.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Необходимо отметить, что представление о структуре техники прыжка у российских и зарубежных специалистов имеет некоторые расхождения. Например, в научных публикациях российских специалистов [1, 2] можно прочесть, что фаза разгона состоит из трех менее крупных структурных компонентов: старта, спуска с горы разгона и подготовительного движения к отталкиванию. В фазе полета отечественные авторы большое внимание уделяют взлету, выходу на траекторию полета, непосредственному полету и подготовке к приземлению.

В свою очередь, иностранные специалисты [3, 4, 5, 6, 7, 8] в фазе отталкивания выделяют контактную и бесконтактную части, а для более эффективного анализа фазы полета предлагают исследовать кинематические показатели в ее начале, середине и в конце.

Для выявления биомеханических и аэродинамических особенностей техники прыжка рассмотрим каждую фазу в отдельности.

Особенности выполнения техники прыжка в фазе отталкивания. По мнению зарубежных исследователей [7, 8], фазу отталкивания следует подразделять на контактную и бесконтактную. Контактная фаза отталкивания начинается примерно за 3 м до края стола отрыва и длится очень незначительное время – 0,4–0,45 с, за которое спортсмену необходимо оттолкнуться от стола отрыва, совершив синхронное разгибание в тазобедренном, коленных и голеностопных суставах. Заканчивается контактная часть отталкивания только после того, как лыжи спортсмена перестают касаться трамплина.

Достижение максимальной горизонтальной скорости после выхода со стола отрыва во многом зависит от аэродинамической эффективности движений лыжника-прыгуна. При этом зарубежными специалистами также под-

черкивается большое значение стабильности всех аэродинамических положений спортсмена во время отталкивания [3, 4].

После ухода со стола отрыва лыжнику-прыгуну, по мнению Б. Йоста (2014), следует оптимизировать величину вертикальной скорости (для этого важна высота прыжка после отталкивания, которая должна быть как можно выше). Для ее оптимизации спортсмену следует как можно быстрее принять наиболее выгодное аэродинамическое положение, которое во многом определяется величиной угла полета [3, 4].

К другим факторам, влияющим на успешность завершения отталкивания, относятся разгибание тела спортсмена в тазобедренном суставе (оно должно быть как можно больше) и активное движение лыжами, выполняемое прыгуном для поддержания наиболее выгодного аэродинамического положения, которое постоянно меняется во время полета из-за скорости и направления встречного потока воздуха [3].

Вместе с тем величина вертикальной скорости во многом зависит от величины приложения силы во время контактной фазы отталкивания. Вследствие этого одной из важнейших задач для лыжника-прыгуна во время контактного отталкивания является создание максимального «симметричного импульса силы» за минимальное время [4]. Чтобы этого добиться, спортсмену следует выполнить как можно более синхронное разгибание обеих ног в коленных и голеностопных суставах. Исходя из этого, Б. Йост приходит к выводу, что основными ошибками спортсменов во время отталкивания является недостаточное развитие мышечного усилия и, как следствие этого, вертикальной скорости. Для того чтобы не допускать подобных ошибок при отталкивании, в некоторых случаях необходимо более интенсивное движение корпусом вперед [3]. По данным M. Virmaavirta & P. Komí, идеальная структура импульса силы при отталкивании должна состоять из двух концентрированных усилий. Первое концентрированное усилие прыгун с трамплина должен совершить за 6–3 м до края стола отрыва, тогда как второе – за 3–0 м до края стола отрыва, при

этом величина второго усилия должна быть максимальной [7, 8].

Результаты финских специалистов стали основой для проведения дополнительного исследования показателей, влияющих на вертикальную скорость отталкивания. Данное исследование было выполнено Б. Йостом в 2005 г. на первом этапе Гран-при по прыжкам на лыжах с трамплина, проходившем в Хинтерцартене, в ходе которого было установлено, что сила отталкивания на столе отрыва спортсменов, принимавших участие в соревнованиях, варьировалась от 500 Н до 1150 Н, при этом величина мышечного усилия за 6 м до края стола отрыва находилась в интервале от 1005 Н до 1580 Н, значения этого же показателя, но уже за 3 м до края стола отрыва, достигали своих максимальных величин, которые варьировались в диапазоне от 1170 Н до 1605 Н. В свою очередь, вертикальная скорость отталкивания лыжников-прыгунов варьировалась в диапазоне от 2,3 до 3,67 м/с, при этом вертикальная скорость чемпиона этих соревнований Рока Бенковича составила 3,53 м/с. Вместе с тем установлено существенное влияние вертикальной скорости отталкивания на длину прыжка, в частности, выявлено, что на трамплине мощностью 120 м 1 м/с вертикальной скорости отталкивания равняется примерно 6,5 м длины прыжка [3, 4].

Другим важным фактором, влияющим на эффективность отталкивания, является точное соответствие лыжника-прыгуна в момент кон-

тактной фазы следующим угловым характеристикам (см. рисунок 1):

- угол, образованный прямой линией, проходящей через центры голеностопного и коленного суставов, и линией лыж (α) – 55°. Данный угол характеризует сгибание в голеностопном суставе;
- угол, образованный перпендикулярной линией, проходящей через центр голеностопного сустава, и линией лыж (α_1) – 90°. Позволяет определить расстояние между центром тазобедренного сустава и перпендикуляром (в идеале должно быть 20 см), по которому можно судить о своевременности отталкивания;
- угол, образованный прямой линией, проходящей через центры тазобедренного и коленного суставов, а также линией через центры коленного и голеностопного суставов (β) – 140°. Данный угол характеризует степень сгибания в коленном суставе;
- угол, образованный прямой линией, проходящей через центры плечевого и тазобедренного суставов, и прямой линией, проходящей через центры тазобедренного и голеностопного суставов (φ) – 140°;
- угол, образованный прямой линией, проходящей через центры плечевого и тазобедренного суставов, и горизонтальной линией (ω) – 240°. Данный угол характеризует степень сгибания туловища [3].

Фаза контактного отталкивания завершается только тогда, когда лыжи спортсмена полностью перестают касаться стола отрыва, после чего начинается бесконтактная фаза. По мне-

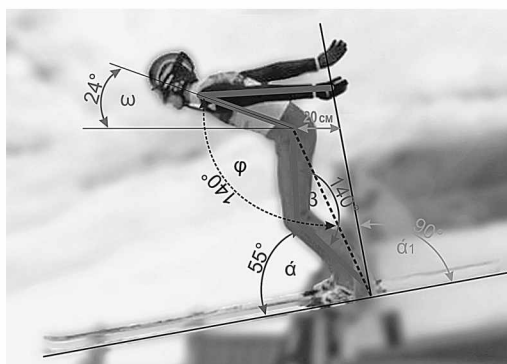


Рисунок 1 – Кинематические характеристики контактной фазы отталкивания в исполнении С. Амманна на ЗОИ в Ванкувере (2010 г.) (по материалам Б. Йоста, 2014 г.)

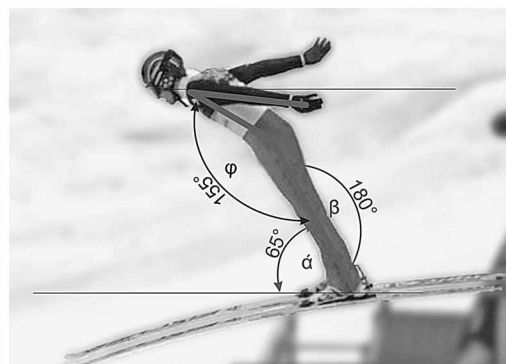


Рисунок 2 – Кинематические характеристики завершения контактной фазы отталкивания на расстоянии 1 м от края стола отрыва в исполнении С. Амманна на ЗОИ в Ванкувере (2010 г.) (по материалам Б. Йоста, 2014 г.)

нию Б. Йоста, положение лыжника-прыгуна в бесконтактной фазе отталкивания на расстоянии 1 м от стола отрыва должно соответствовать следующим угловым характеристикам (см. рисунок 2):

- угол, образованный прямой линией, проходящей через центры коленного и голеностопного суставов, и горизонтальной линией (α) – 65°;
- угол, образованный прямой линией, проходящей через центры тазобедренного и коленного суставов, а также прямой линией, проходящей через центры коленного и голеностопного суставов (β) – 180°;
- угол, образованный прямой линией, проходящей через центры плечевого и тазобедренного суставов, и прямой линией, проходящей через центры тазобедренного и коленного суставов (φ) – 155° [3].

Бесконтактная фаза отталкивания завершается переходом спортсмена к наиболее оптимальной аэродинамической позе полета. С. Амманн на ЗОИ в Ванкувере выполнил этот переход спустя 0,11 с после ухода со стола отрыва. Для этого он выполнил сильное сгибание ступней и голени, вследствие чего носки его лыж поднялись вверх. Одновременно с этим движением швейцарский прыгун совершил наклон своего тела вперед таким образом, чтобы величина угла φ равнялась 165° (см. рисунок 3) [3].

Спустя 0,33 с после выхода со стола отрыва С. Амманн завершает переход к оптимальной аэродинамической позиции, необходимой для эффективного выполнения фазы полета. Для этого швейцарский спортсмен наклонил туловище примерно на 30° (с 45° до 15°). Бесконтактная фаза отталкивания (и отталкивание в целом) завершается, по мнению Б. Йоста, примерно на 0,66 с после ухода спортсмена со стола отрыва [3].

Особенности выполнения техники прыжка в фазе полета. Полет является одним из важных компонентов техники прыжка. Перемещение лыжника в полете происходит по инерции за счет энергии, приобретенной на разгоне во время отталкивания, и ее сохранения в полете. Исходя из этого, основной задачей спортсмена во время полета является



Рисунок 3 – Кинематические характеристики бесконтактной фазы отталкивания на расстоянии 3 м от края стола отрыва в исполнении С. Амманна на ЗОИ в Ванкувере (2010 г.) (по материалам Б. Йоста, 2014 г.)

принятие такого положения тела, которое, с одной стороны, обеспечило бы наиболее полный эффект подъемной силы, а с другой – свело к минимуму влияние лобового сопротивления воздуха [3, 4].

По мнению зарубежных исследователей [5, 6], спортсмену для выполнения как можно более дальнего полета во время центральной его части (2 секунды после выхода со стола отрыва) необходимо занять такое аэродинамическое положение, при котором величина подъемной силы будет максимальной. Величины подъемной силы и скорости позволяют свести к минимуму воздействия тормозящих факторов, которыми выступают силы тяжести и сопротивления.

Фаза полета является основной частью соревновательного упражнения лыжника-прыгуна. В этой фазе прыгун стремится достигнуть наибольшей длины и получить максимальные оценки за технику прыжка [3, 4].

Для определения модельных кинематических показателей фазы полета зарубежными авторами (B. Scholzer & W. Muller, 2005) было проведено специальное исследование на ЗОИ в Солт Лейк Сити (трамплин К-130 м), в результате которого было установлено, что длительность фазы полета лучших лыжников-прыгунов длилась в среднем около 3 с, чаще всего спортсмены начинали переходить к полету на расстоянии 17 м от края стола отрыва, а заканчивали на расстоянии 100 м. В результате этого исследователями в качестве точки начала полета было определено расстояние

17 м от края стола отрыва, точкой середины полета было принято считать расстояние в 60 м, а точкой завершения полета – расстояние в 100 м [6].

Вместе с тем покадровый анализ техники прыжка в фазе полета позволяет говорить о том, что в начальной точке фазы полета (17 м от края стола отрыва, или 0,63 с полета) угол «лыжи-горизонт» (α_n) должен быть равен 100, угол полета (α) – 200, угол наклона тела по отношению к горизонту (β) – 200, угол разгибания тазобедренного сустава (φ) – 1500. В свою очередь, в середине полета (60 м и 2,26 с) кинематические характеристики должны соответствовать следующим значениям: угол $\alpha_n - 0 \pm 50$, угол $\alpha - 30 \pm 50$, угол $\beta - 19 \pm 50$, угол $\varphi - 152 \pm 20$. В точке завершения полета показатели рассматриваемых углов должны быть следующими: угол $\alpha_n - -2 \pm 20$, угол $\alpha - 40 \pm 50$, угол $\beta - 20 \pm 50$, угол $\varphi - 160 \pm 20$ [6].

В середине фазы полета прыгуну необходимо учитывать, что сила сопротивления оказывает доминирующее воздействие только в первые 0,66 с прыжка, далее преобладающее влияние на спортсмена оказывает подъемная сила [6]. Об этом же свидетельствуют результаты исследования (Б. Йост, 2014) техники прыжка С. Амманна на ЗОИ в Ванкувере, ставшего там чемпионом. Так, биомеханический анализ положения тела швейцарского спортсмена, зафиксированного спустя 2 с после ухода со стола отрыва (центральная часть фазы полета), позволяет говорить о том, что подъемная сила в этой точке достигала максимальных значений. При этом воздействие силы сопротивления снижалось вследствие минимальных значений угла полета.

Кроме того, по мнению Б. Йоста, важнейшим компонентом техники прыжка во всех его фазах (и в том числе фазы полета) является стабильность аэродинамической позиции, зависящая от условий баланса, на который влияет расположение аэродинамического центра и общего центра тяжести спортсмена во время полета (см. рисунок 4а). При этом спортсмену, чтобы добиться равновесия между аэродинамическим центром и ОЦТ, приходится учитывать воздействие силы сопротивления, силы тяжести и подъемной силы [3, 4].

Исходя из условий баланса, словенский специалист выделяет позитивную и негативную ситуации в фазе полета. Позитивная ситуация возникает в том случае, если аэродинамический центр располагается впереди центра тяжести. Спортсмен создает позитивную ситуацию при помощи небольшого отклонения назад, как показано на рисунке 4б [3, 4].

Негативная ситуация наблюдается, если аэродинамический центр спортсмена находится позади центра тяжести. Такая ситуация может быть создана лыжником-прыгуном из-за чрезмерного движения вперед. В результате этого может возникнуть критическое положение: передняя часть тела спортсмена перевешивает заднюю, тем самым нарушая условие баланса, что приводит к падению и получению спортсменом серьезной травмы (см. рисунок 4в) [3, 4].

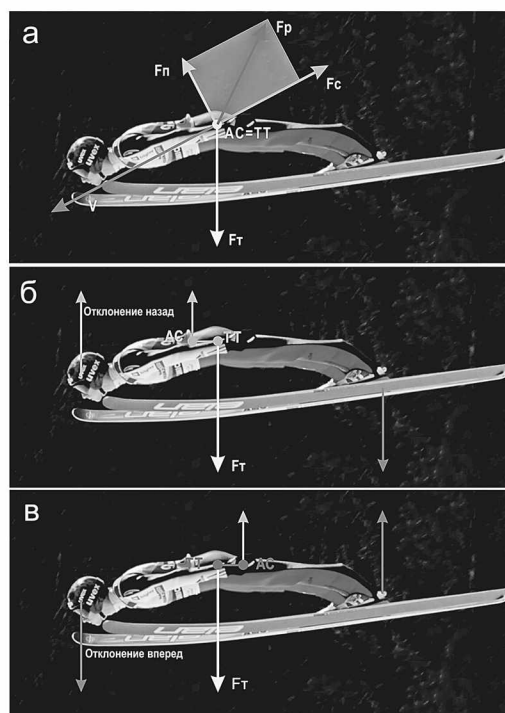


Рисунок 4 – Варианты аэродинамических положений лыжника-прыгуна во время фазы полета. На рис. 4а показано стабильное положение спортсмена, на рис. 4б – позитивное аэродинамическое положение, на рис. 4в – негативное аэродинамическое положение (по материалам Б. Йоста, 2014 г.)

Примечание: V – скорость полета, FT – сила тяжести, FP – подъемная сила, FC – сила сопротивления, TT – равнодействующая сила, TT – центр тяжести, AC – аэродинамический центр

Другим важным компонентом стабильной аэродинамической позы в фазе полета является V-образный угол разведения лыж, который, по мнению Браун, должен равняться 400. В свою очередь, другие иностранные специалисты (Mahnke & Gross, 1994) считают, что критическим значением угла разведения кантов лыж является 300 [5].

Следующим фактором, влияющим на дальность прыжка (и как следствие этого – на аэродинамическую позицию спортсмена в фазе полета), является индекс массы тела (ИМТ). По данным B. Scholzer & W. Muller (2005), лыжники-прыгуны с наименьшим ИМТ имеют лучшую аэродинамическую позицию, позволяющую им совершить прыжок на более дальнее расстояние в сравнении с другими спортсмена-

ми, поскольку доказано, что 1 единица ИМТ соответствует примерно 4,5 м длины прыжка [6]. Данный факт подтверждается результатами научных исследований, выполненных другими зарубежными специалистами [3, 4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, полученные результаты теоретического исследования помогут специалистам по прыжкам на лыжах с трамплина и лыжному двоеборью получить системное представление о биомеханических и аэродинамических особенностях техники прыжка на лыжах с трамплина в фазах отталкивания и полета как наиболее важных компонентах, влияющих на результативность соревновательной деятельности спортсменов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зибзеев, В. В. Показатели контроля соревновательной подготовленности лыжников-двоеборцев / В. В. Зибзеев // Сборник по результатам XLI заочной научной конференции International Research Journal. – 2015. – № 7 (38). – Екатеринбург. – С. 13-14.
2. Злыднев, А. А. Техника отталкивания на столе отрыва трамплина квалифицированных лыжников-двоеборцев в подготовительном периоде / А. А. Злыднев, Г. Г. Захаров, А. В. Артошин // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Южки 100-лет. Вчера, сегодня, завтра». – СПб.: ФГУ СПбНИИФК, 2011. – С. 17-23.
3. Jošt, B. Analysis of the selected kinematic variables of the take off in ski jumps and their correlation with the length in the finals of the world cup at Planica in 1999 / B. Jošt, M. Čoh, J. Pustovrh & Ulaga M. // In M. Čoh & B. Jošt (Eds.), Biomechanical characteristics of technique in certain chosen sports. – 2000. – P. 58-71. Ljubljana: University of Ljubljana.
4. Jošt, B. Differences between better and worse ski jumpers regarding selected ski flying characteristics

at the ski flying world championships 2010 in Planica / B. Jošt // Kinesiologia Slovenica. – 2010. – 16(3). – P. 33-45.

5. Mahnke, R. Recent findings concerning aerodynamic effects in ski jumping / R. Mahnke & G. Hochmuth // In Proceedings of the 8th International Symposium of the Society of Biomechanics in Sport. – 1990. – P. 99-105. Prague: Faculty of Physical Education and Sport.
6. Schmolzer, B. Individual flight styles in ski jumping: Results obtained during Olympic Games competitions / B. Schmolzer & W. Muller // Journal of Biomechanics. – 2005. – 38 (5) – P. 1055-1065.
7. Virnavirta, M. Characteristics of the early flight phase in the Olympic ski jumping competition / M. Virnavirta, J. Isolehto, P. V. Komi, G. P. Bruggemann, E. Muller, H. Schwameder // Journal of Biomechanics. – 2005 – 38(11). P. – 2157-2163.
8. Virnavirta, M. Take off analysis of the Olympic ski jumping competition (HS-106m) / M. Virnavirta, J. Isolehto, P. V. Komi, H. Schwameder, F. Pigozzi, G. Massazza // Journal of Biomechanics. – 2009. – 42(8). – P. 1095-1101.

BIBLIOGRAPHY

1. Zebzeev, V.V. (2015), "Indices monitoring of competitive readiness of skiers-combinators", Proceedings of XLI correspondence scientific conference "International Research Journal", Ekaterinburg, Vol. 38, No. 7, pp. 13-14.
2. Zlydnev, A.A., Zakharov, G.G., Artoshin, A.V. (2011) Tekhnika of take-off the qualified skiers-combinators in the preparatory period / Proc. scientific and practical. Conf. "Yucca 100 years. Yesterday, Today and Tomorrow", publishing house "SPbNIIFK", St. Petersburg, pp. 29-31.
3. Jošt, B. Analysis of the selected kinematic variables of the take off in ski jumps and their correlation with the length in the finals of the world cup at Planica in 1999 / B. Jošt, M. Čoh, J. Pustovrh & Ulaga M. // In

M. Čoh & B. Jošt (Eds.), Biomechanical characteristics of technique in certain chosen sports. – 2000. – P. 58-71. Ljubljana: University of Ljubljana.

4. Jošt, B. Differences between better and worse ski jumpers regarding selected ski flying characteristics at the ski flying world championships 2010 in Planica / B. Jošt // Kinesiologia Slovenica. – 2010. – 16(3). – P. 33–45.
5. Mahnke, R. Recent findings concerning aerodynamic effects in ski jumping / R. Mahnke & G. Hochmuth // In Proceedings of the 8th International Symposium of the Society of Biomechanics in Sport. – 1990. – P. 99-105. Prague: Faculty of Physical Education and Sport.
6. Schmolzer, B. Individual flight styles in ski jumping: Results obtained during Olympic Games

- competitions / B. Schmolzer & W. Muller // Journal of Biomechanics. - 2005. - 38 (5) - P. 1055-1065.
7. Virmavirta, M. Characteristics of the early flight phase in the Olympic ski jumping competition / M. Virmavirta, J. Isolehto, P. V. Komi, G. P. Bruggemann, E. Muller, H. Schwameder // Journal of Biomechanics. - 2005 - 38(11). P. - 2157-2163.
8. Virmavirta, M. Take off analysis of the Olympic ski jumping competition (HS-106m) / M. Virmavirta, J. Isolehto, P. V. Komi, H. Schwameder, F. Pigozzi, G. Massazza // Journal of Biomechanics. - 2009. - 42(8). - P. 1095-1101.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Зебзеев Владимир Викторович – кандидат педагогических наук, доцент Чайковского государственного института физической культуры, e-mail: zebzeev85@mail.ru;

Зданович Ольга Сергеевна – кандидат педагогических наук, доцент Чайковского государственного института физической культуры, e-mail: solic8233@yandex.ru;

Зебзеев Виктор Викторович – аспирант Чайковского государственного института физической культуры, e-mail: viktorzebzeev@rambler.ru.