

Моделирование и определение основных рациональных биомеханических характеристик в метании копья

Адашевский В.М.¹, Дулевски Михал², Ермаков С.С.³

Национальный технический университет «ХПИ»¹

Лаборатория исследования и развития системы движений², Цехоцинек, Польша

Харьковская государственная академия физической культуры³

Аннотации:

Показаны возможности использования биомеханических моделей в подготовке спортсменов. Рассмотрены подходы в конструировании биомеханических моделей. Разработана биомеханическая модель метания копья. Приведено решение задачи динамики о влиянии на дальность полета копья абсолютной начальной скорости вылета, угла вылета, высоты выпуска копья. Определены наиболее значимые биомеханические характеристики системы «спортсмен-копье». Показаны возможности использования индивидуальные особенности спортсмена в достижении лучших результатов.

Адашевський В.М., Дулевські Міхал, Єрмаков С.С. Моделювання і визначення основних раціональних біомеханічних характеристик в метанні списа. Показано можливості використання біомеханічних моделей у підготовці спортсменів. Розглянуто підходи в конструюванні біомеханічних моделей. Розроблено біомеханічна модель метання списа. Наведено рішення задачі динаміки про вплив на дальність польоту спису абсолютної початкової швидкості вильоту, кута вильоту, висоти випуску списа. Визначено найбільш значущі біомеханічні характеристики системи «спортсмен-спис». Показано можливості використання індивідуальні особливостей спортсмена в досягненні кращих результатів.

Adashevskiy V.M., Dylewski Michal, Iermakov S.S. Modeling and rational determination of the main biomechanical characteristics in javelin throwing. The possibilities of the use of biomechanical models in training athletes. The approaches in the construction of biomechanical models. A biomechanical model of throwing the javelin. An solution to the problem of dynamic influence on flight range spear absolute initial rate of departure, departure angle, height of release of the spear. The most important biomechanical characteristics of the "athlete-spear." The possibilities of using individual features of the athlete to achieve better results.

Ключевые слова:

модель, метание, копье, техника движения, биомеханический анализ.

модель, метання, спис, техніка руху, біомеханічний аналіз.

model, throwing, javelin, machinery movement, biomechanical analysis.

Введение.

Достижение высоких спортивных результатов требует от тренера и спортсмена поиска наиболее эффективных направлений подготовки. В легкоатлетических метаниях важное значение при рассмотрении взаимодействия в системе «спортсмен-спортивный снаряд» имеет конструкция снаряда и оптимальные характеристики его полета. Следует отметить, что выбор удобного для метания копья от лучших производителей очень важен для результативности, но этот фактор не является преобладающим. Поэтому очевидна необходимость рассмотрения основных биомеханических параметров техники движений спортсмена и особенностей полета копья.

Теоретической основой исследований о биомеханических закономерностях спортивных движений можно считать работы Н.А. Бернштейна [6], Д.Д. Донского [10], В.М. Зациорского [10, 15], А.Н. Лапутина [20].

В свою очередь, техника метания копья достаточно подробно изучена в таких направлениях, как формирование двигательной структуры и координационные перестройки в технике движений [18, 22, 24, 28, 30], факторная структура техники метания [14, 16], кинематические и биодинамические характеристики техники движений [5, 7, 8], методические особенности тренировки и совершенствование техники движений [21, 26], технические устройства в легкоатлетических метаниях [1, 12, 19, 26, 29], разработка и анализ моделей техники движения спортсменов [2, 3, 7, 9, 12, 13, 17].

Вместе с тем, спортивный результат в метании копья (дальность полета) определяются в основном биомеханическими характеристиками, которые способен реализовать спортсмен, а именно: абсолютной начальной скоростью вылета, углом вылета, высотой выпуска копья [4, 23, 25].

Абсолютная скорость вылета копья является основной биомеханической характеристикой при метании. Такая скорость должна быть сообщена рабочему звену тела (кисти) вместе с копьем. Абсолютная скорость вылета является результирующей скоростью переносного движения тела при разбеге и относительного движения кисти с копьем.

В реальных условиях угол вылета выбирается как наиболее рациональный в пределах 37- 40 градусов к горизонту с учетом подъемной силы и силы сопротивления воздуха. Решение такой задачи представляет большие трудности, так как копье – тело, которое в сагиттальной плоскости совершает плоскопараллельное движение, имеет три степени свободы и при его полете необходимо учитывать переменные мидель и проекции скорости на координатные оси [4, 25].

Анализ исследований указывает на необходимость более детального рассмотрения определения рациональных параметров техники метания с учетом индивидуальных возможностей спортсмена в биомеханической системе «спортсмен-копье».

Следует отметить, что отдельное направление в легкоатлетических метаниях занимают занятия по физическому воспитанию молодежи, в программах которых имеется раздел «Легкая атлетика, метания». Поэтому при обучении метаниям обязательно необходимо учитывать не только общие закономерности организации подобных занятий и особенности развития занимающихся, но и биомеханические особенности техники метаний.

В рассмотренном аспекте необходимо отметить ряд исследований особенностей физического развития детей [31, 32] и взрослого населения [33], которые являются хорошим дополнением при организации занятий с лицами различного возраста.

Работа выполнена в соответствии с практически задачами подготовки спортсменов.

Цель, задачи работы, материал и методы.

Цель работы – разработка биомеханической модели взаимодействия системы «спортсмен-копье» и определение наиболее значимых параметров, влияющих на дальность полета спортивного снаряда.

Результаты исследований.

Расчетная схема влияния на абсолютную скорость вылета скоростей переносного движения тела спортсмена при разбеге и относительного движения кисти с копьем представлена на рисунке 1.

$$\vec{v}_0 = \vec{v}_p + \vec{v}_k$$

Здесь v_0 – абсолютная начальная скорость вылета копья, v_p – переносная скорость разбега тела, v_k – относительная скорость кисти руки с копьем.

Следует заметить, что максимальная относительная скорость кисти с копьем рассчитывается или графоаналитическим или аналитическим методами с учетом взаимного положения сегментов верхней конечности.

В проекциях на оси декартовой абсолютной системы координат (ХАУ) это равенство имеет вид:

$$v_{0x} = v_{px} + v_{kx}; \quad v_{0y} = v_{py} + v_{ky}$$

Значение абсолютной начальной скорости вылета копья

$$v_{0x} = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2}$$

Получим графические зависимости значений абсолютной начальной скорости вылета копья от переносной скорости разбега тела при принятом значении относительной скорости кисти с копьем (рис. 2) и от относительной скорости кисти руки с копьем при принятом значении переносной скорости разбега тела (рис. 3).

Далее рассмотрим влияние абсолютной начальной скорости вылета, угла вылета, высоты выпуска копья.

Следует отметить, что сила сопротивления воздуха уменьшает значение дальности полета, а подъемная сила увеличивает на несколько процентов.

Как было отмечено выше, учет действия этих сил на полет копья в математической постановке задачи сложно реализуемый, поэтому для приближенного получения расчетных параметров такие силы в представленной математической модели не учитываются (рис. 4).

Рассмотрим рисунок 4. Если на свободную точку действует только активная сила (сила тяжести копья), \vec{P}^a , то согласно 2-му закону Ньютона следует, что

$$m\vec{a} = \vec{P}^a.$$

Здесь \vec{a} – ускорение копья, m – масса копья.

При движении точки в сагиттальной плоскости xAy , так как $\ddot{z} = a_z = 0$, систему уравнений можно записать так:

$$m\ddot{z} = P_x^a, \quad m\ddot{y} = P_y^a.$$

Для исследования влияния на дальность полета копья абсолютной начальной скорости вылета, угла вылета, высоты выпуска копья необходимо решить вторую задачу динамики свободной материальной точки (копья), то есть определить закон движения точки, а затем основные биомеханические параметры, если заданы масса точки (копья) и действующие на нее силы.

Интегрируя дифференциальные уравнения движения копья, получим:

$$l = ((tg\pm + \sqrt{tg^2\alpha + 2gh/v_0^2\cos^2\alpha}) \cdot v_0^2\cos^2\alpha) / g$$

Получим графические зависимости значений дальности полета копья l :

- от абсолютной начальной скорости вылета копья при принятом значении угла вылета и высоты выпуска копья (рис. 5);

- от угла вылета при принятом значении абсолютной начальной скорости вылета копья и высоты выпуска копья (рис. 6);

- от высоты выпуска копья при принятом значении абсолютной начальной скорости вылета копья и угла вылета (рис. 7).

Таким образом, используя аналитические выражения для определения дальности полета копья в зависимости от скорости вылета, угла и высоты вылета, построены графические характеристики, которые позволяют учитывать возможности спортсменов в достижении лучшего результата.

Выводы

Спортивный результат в метании копья (дальность полета) определяются в основном биомеханическими характеристиками, которые способен реализовать спортсмен, а именно: абсолютной начальной скоростью вылета, углом вылета, высотой выпуска копья.

В спортивной практике рекомендуется использовать полученные графические зависимости значений абсолютной начальной скорости вылета копья от переносной скорости разбега.

Также рекомендуется использовать графические зависимости значений дальности полета копья:

- от абсолютной начальной скорости вылета копья при принятом значении угла вылета и высоты выпуска копья;
- от угла вылета при принятом значении абсолютной начальной скорости вылета копья и высоты выпуска копья;
- от высоты выпуска копья при принятом значении абсолютной начальной скорости вылета копья и угла вылета.

Дальнейшие исследования планируется направить на изучение биомеханических особенностей взаимодействия системы «спортсмен-спортивный снаряд» в других видах спорта.

Список литературы:

1. Аванесов В.У. Применение специального кистевого отягощения в процессе выполнения бросковой работы легкоатлетами-метателями / Аванесов В.У., Ефремова В.И. // Моделирование спортивной деятельности в искусственно созданной среде (стенды, тренажеры, имитаторы) : (материалы конф.). – М.: 1999. – С. 4-5.
2. Адашевский В.М. Основные кинематические характеристики ударных действий в таэквондо = Basic kinematics descriptions of shock actions in taekwondo / Адашевский В.М., Ермаков С.С., Грицок С.А. // Физическое воспитание студентов. – 2010. – № 4. – С. 3-5.
3. Адашевский В.М. Биомеханические аспекты технико-тактических действий в дзюдо / Адашевский В.М., Дулевски Михал, Ермаков С.С. // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: науковий журнал. – Харків, ХОВНОКУ-ХДАДМ, 2011. – №3. – С. 3-7.
4. Адашевский В.М. Теоретические основы механики биосистем: Учебное пособие / В. М. Адашевский. – Харьков НТУ «ХПИ», 2001. – 258 с.
5. Александров А.В. Биомеханическая модель тела человека для описания многосуставных движений в трехмерном пространстве / А.В. Александров, А.А. Фролов // Биомеханика-2006 : 8 Всерос. конф. по биомеханике, Н. Новгород, 22-26 мая 2006 г. : тез. докл. / Рос. акад. наук [и др.]. – Н. Новгород, 2006. – С. 73.
6. Бернштейн Н.А. О построении движений. М.: Медгиз, 1947. – 254 с.

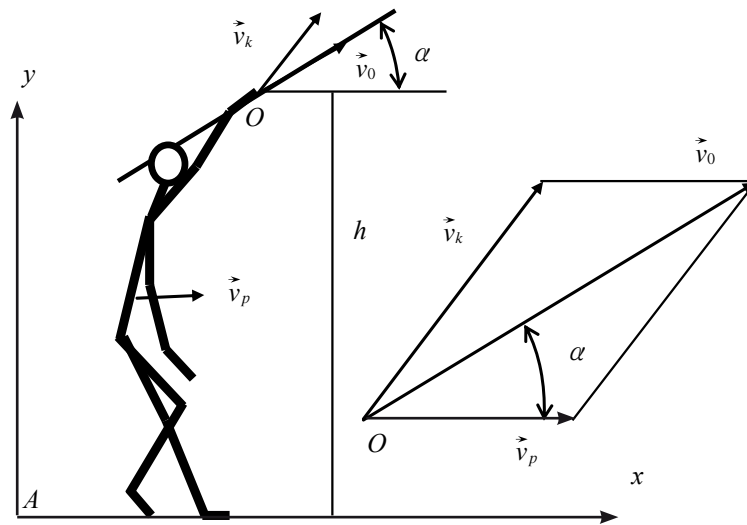


Рис. 1. Расчетная схема для определения абсолютной скорости вылета

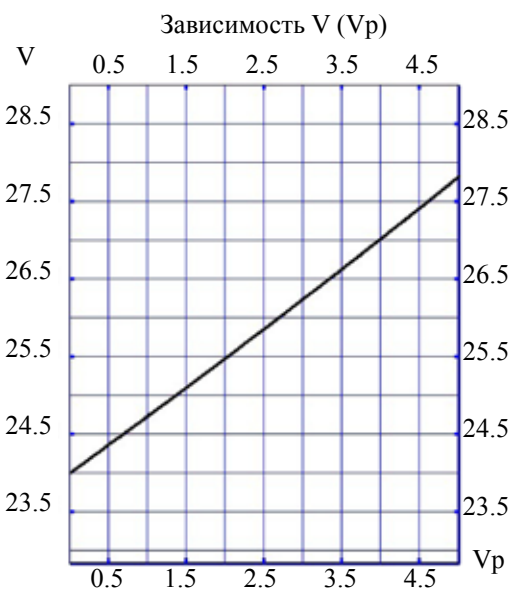


Рис. 2. Графическая зависимость значений абсолютной начальной скорости вылета копья от переносной скорости разбега тела

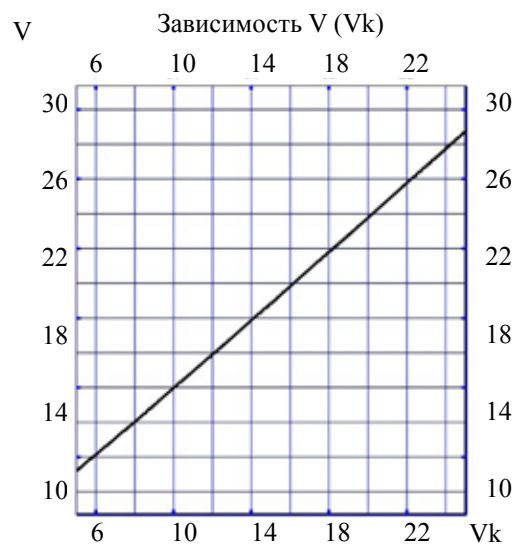


Рис. 3. Графическая зависимость значений абсолютной начальной скорости вылета копья от относительной скорости кисти руки с копьем

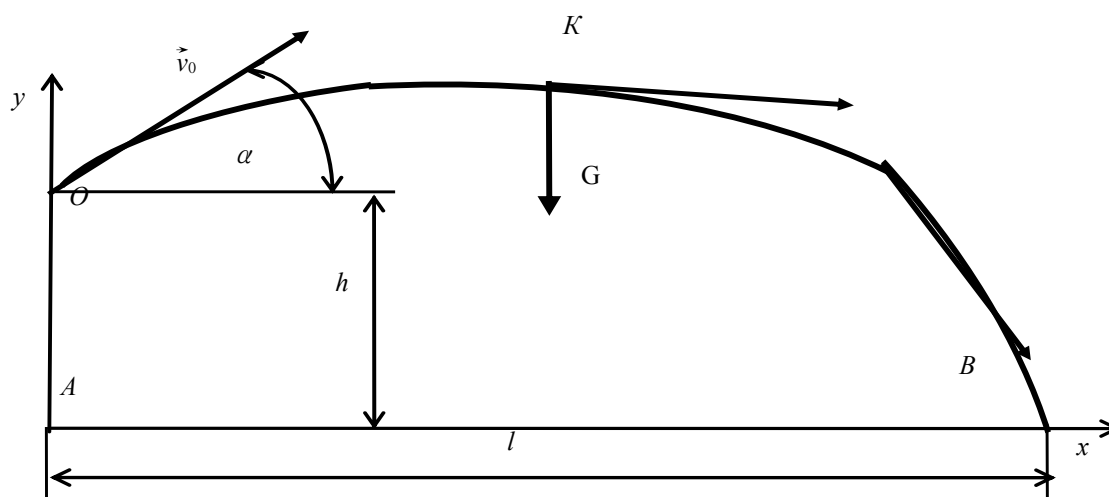


Рис. 4. Расчетная схема для определения абсолютной начальной скорости вылета, угла вылета, высоты выпуска копья

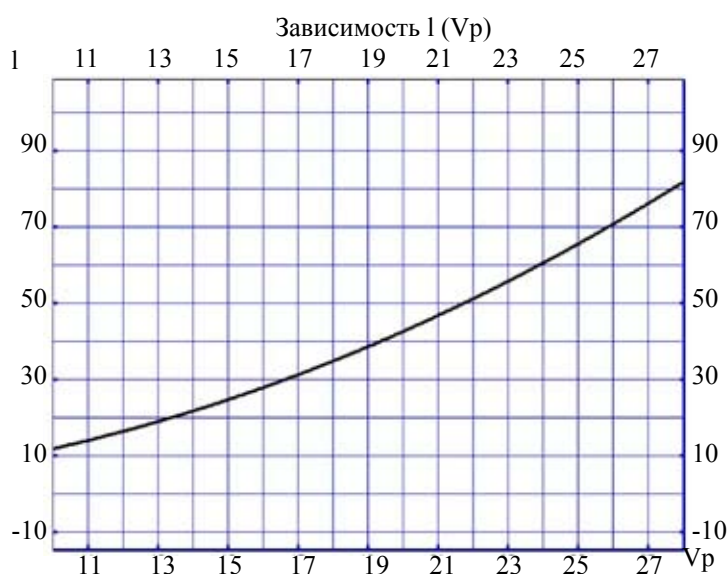


Рис. 5. Графическая зависимость значений дальности полета копья от абсолютной начальной скорости вылета копья

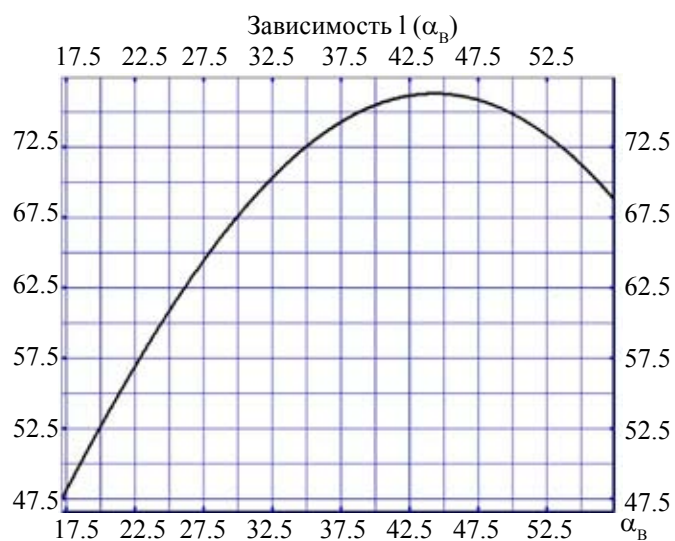


Рис. 6. Графическая зависимость значений дальности полета копья от угла вылета

Рис. 7. Графическая зависимость значе-
ний дальности полета копья от высоты
выпуска копья



7. Воронов А.В. Имитационное биомеханическое моделирование как метод изучения двигательных действий человека = Imitating Biomechanical Modeling as Method of Studying of Human Motor Actions / Воронов А.В. // Теория и практика физ. культуры. – 2004. – N 2. – С. 22-26, 39-40.
8. Гонсалес Кора Хорхе Карлос. Биодинамика функционирования кисти при максимальных скоростно-силовых усилиях : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / Гонсалес Кора Хорхе Карлос; ГЦО-ЛИФК. – М., 1985. – 253 с.
9. Дмитриев С.В. Проектно-технологическое моделирование двигательных действий – дидактические основы = Production Engineering Simulation of Motive Actions – Didactic Fundamentals / Дмитриев С.В. // Физическое воспитание студентов творческих специальностей / [под ред. Ермакова С.С.]; М-во образования и науки Украины, Харьков. гос. акад. дизайна и искусств (Харьков. худож.-пром. ин-т). – Харьков, 2008. – N 2. – С. 17-32.
10. Донской Д. Д., Зацюрский В. М. Биомеханика: Учебник для институтов физической культуры. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – 264 с.
11. Ермаков С.С. Техничко-тактическая подготовка спортсменов-юниоров в «киокушинкай» каратэ при помощи специальных технических средств = Technique-tactic skill of karateists of the style «kyokushinkai» with a help of special technical means / Ермаков С.С., Бойченко Н.В. // Физическое воспитание студентов. – 2010. – N 4. – С. 30-36.
12. Ермаков С.С. Теоретическое и экспериментальное определение биомеханических характеристик бега = Theoretical and experimental determination of biomechanics descriptions at run / Ермаков С.С., Адашевский В.М., Сиволап О.А. // Физическое воспитание студентов. – 2010. – N 4. – С. 26-29.
13. Ермаков С.С. Обучение технике ударных движений в спортивных играх на основе их компьютерных моделей и новых тренажерных устройств : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 24.00.01 / Ермаков Сергей Сидорович; ХХПИ. – Киев, 1997. – 47 с.: ил.
14. Захаровська Тетяна, Горбенко Василь. Факторна структура кінематичних показників техніки металевих спису на етапі початкової підготовки // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. – Харків, 2008. – №4, – С.
15. Зацюрский В.М. Биомеханика двигательного аппарата человека. / В. М. Зацюрский, А. С. Арунин, В. Н. Селуянов // М.: Физкультура и спорт, 1981. – 143 с.
16. Зданевич А.А. Общая структура показателей, определяющих результат в метаниях у школьников с применением различных методов факторного анализа = General Frame of Parameters Determining results of Pupils' Throwings with Application of Various Methods of Factorial Analysis / А.А. Зданевич // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2004. – N 1. – С. 40-44.
17. Кашуба В.А. Моделирование движений в спортивной тренировке = Modeling of movements in sports training / Кашуба В.А., Литвиненко Ю.В., Данильченко В.А. // Физическое воспитание студентов. – 2010. – N 4. – С. 40-44.
18. Козлова Н.И. Формирование двигательной структуры финального усилия в метании копья на этапе начальной спортивной подготовки: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. / Н.И. Козлова. – Минск, 1994. – 172 с.
19. Кофтун А.И. Тренажерная подготовка в тренировке копьеметателей / Кофтун А.И., Бойко Ю.И. // Научно-технический прогресс и физическая культура на Дальнем Востоке : Сборник научных трудов. – Хабаровск, 1988. – С. 54-55.
20. Лапутин А.Н. Практическая биомеханика / А.Н. Лапутин, В.В. Гамалий, А.А. Архипов и др. / Под общ. ред. А.Н. Лапутина. – М.: Наука, 2000. – 298 с.
21. Матвеев Е. Проверь себя: Метод сопряженного воздействия в тренировке копьеметателей / Матвеев Е. // Легкая атлетика. – 2001. – N 6. – С. 23.
22. Метание копья: пособие / В. В. Мехриказде, Э. П. Позюбанов, Б. В. Ермолаев; Белорус. гос. ун-т физ. культуры. – Минск: БГУФК, 2010. – 36 с.
23. Попов М.В. Теоретическая механика. Краткий курс / М. В. Попов // Учеб. для вузов. – М.: Наука, 1986. – 336 с.
24. Попов Г.И., Ермолаев Б.В., Аракелов А.Л. Координационные перестройки в технике метания копья: модельные и экспериментальные оценки. - Теория и методика физической культуры, 1993. – №1. – С.7-10.
25. Практикум по биомеханике // Пособие для ин-тов физ. культуры / Под ред. И.М. Козлова. – М.: Физкультура и спорт. 1980. – 120с.
26. Совершенствование техники движения в метаниях с использованием технических средств и локальных отягощений / Попов Г.И., Ханин И.В., Логинов А.А., Иванов А.Н. // Моделирование спортивной деятельности в искусственно созданной среде (стенды, тренажеры, имитаторы) : (материалы конф.). – М.: 1999. – С. 85-87.
27. Совершенствование техники движения в метаниях с использованием технических средств и локальных отягощений / Попов Г.И., Ханин И.В., Логинов А.А., Иванов А.Н. // Моделирование спортивной деятельности в искусственно созданной среде (стенды, тренажеры, имитаторы) : (материалы конф.). – М.: 1999. – С. 85-87.
28. Станчев С. Техническая подготовка легкоатлетов – метателей / Пер. с болг.-М.: Физкультура и спорт, 1981. – 134с.
29. Черкесов Ю.Т. Предметная среда информационного силового управляющего воздействия / Черкесов Ю.Т. // Моделирование спортивной деятельности в искусственно созданной среде (стенды, тренажеры, имитаторы) : (материалы конф.). – М.: 1999. – С. 131-133.
30. Campos J., Brizuela G., Ramon V. Three-dimensional kinematic analysis of elite javelin throwers at the 1999 IAAF World Championships in Athletics <http://www.iaaf-rdc.ru/ru/docs/publication/64.html>.
31. Prusik Krz. Optimisation of Athletes' Training Loads at the Initial Stage of Schooling. / Prusik Krz., Görner K., Pysny L. – Faculty of Education, Jan Evangelista Purkyně University in Usti nad Labem, Czech Republic, 2010 – 168 s.
32. Prusik Ka. [Methods of kinezometria in solving the problem of physical culture] Metoda kinezometrii w rozwiązywaniu wybranych problemów kultury fizycznej. / Prusik. Ka., Görner K. – In: Súčasnosc' a perspektivy telovýchovného procesu na školách. Banská Bystrica: PF UMB KTV, 2006 – S. 246 – 252.
33. Wojciech Hagner. [Traditions and requirements of health of north Kashub people and also frequency of presence abnormality of posture of their children in historical and modern attitudes] Zwyczaj zdrowotne, kondycja zdrowotna mieszkańców pynocnych Kaszub oraz częstość występowania wad postawy ich dzieci w świetle relacji historycznych i współczesnych. // Wojciech Hagner, Mirosław Kuklik, Ewelina Lulińska – Kuklik, Magdalena Hagner -Derengowska. // Salubritas. Czasopismo naukowe Wyższej Szkoły Nauk o Zdrowiu w Bydgoszczy. 2010. – N1. – S. 23-33.

Поступила в редакции. 07.04.2011г.
Адашевский Владимир Михайлович
Дулевски Михаил
micdyl@o2.pl
Ермаков Сергей Сидорович
sportart@gmail.com