

## Моделирование движений в спортивной тренировке

Кашуба В.А., Литвиненко Ю.В., Данильченко В.А.

*Национальный университет физического воспитания и спорта Украины  
Киевский национальный университет внутренних дел*

### Аннотации:

Изложены обобщенные данные о методических подходах при моделировании техники двигательных действий в спорте. Представлен практический материал по вопросам моделирования и совершенствования техники двигательных действий на примере различных видов спорта. Предложена модель техники бегового шага по прямой в шорт-треке. Корреляционный анализ между результирующей скоростью общего центра масс тела спортсменов и биомеханическими характеристиками выявил шесть важных показателей. Эти показатели включены в статистическую модель бега по прямой. Установлено, что на начальных этапах подготовки спортсменов необходимо учитывать биокинематическую и биодинамическую структуру техники двигательных действий.

### Ключевые слова:

*моделирование, техника, двигательные действия, тренировочный процесс.*

**Кашуба В.О., Литвиненко Ю.В., Данильченко В.А. Моделивання рухів у спортивному тренуванні.** Викладено узагальнені дані про методичні підходи при моделюванні техніки рухових дій у спорті. Представлено практичний матеріал з питань моделювання й удосконалювання техніки рухових дій на прикладі різних видів спорту. Запропоновано модель техніки бігового кроку по прямій у шорт-треку. Кореляційний аналіз між результируючою швидкістю загального центру мас тіла спортсменів і біомеханічних характеристик виявив шість важливих показників. Ці показники включені в статистичну модель бігу по прямій. Установлено, що на початкових етапах підготовки спортсменів необхідно враховувати біокинематичну і біодинамічну структуру техніки рухових дій.

*моделювання, техніка, рухові дії, тренувальний процес.*

**Kashuba V.A., Litvinenko Y.V., Danilchenko V.A. Modeling of movements in sports training.** Aggregate data are expounded about methodical approaches at the modeling of technique of motor actions in sport. Practical material is presented on questions of design and perfection of technique of motor actions on the example of different types of sport. The model of technique of running step is offered on a line in short-track. A cross-correlation analysis between resulting speed of general centre-of-mass body of sportsmen and biomechanics descriptions exposed six important indexes. These indexes are plugged in a statistical model at run on a line. It is set that on the initial stages of preparation of sportsmen it is necessary to take into account the bio kinematics and biodynamic structure of technique of motive actions.

*modeling, technique, motor actions, training process.*

### Введение.

Как известно из практики общей педагогики, для того чтобы тот или иной процесс обучения был эффективным, его логика должна строго соответствовать логике изучаемого предмета, т.е. логика методов обучения движениям должна соответствовать логике их биомеханической структуре.

В том случае, когда количественная характеристика осваиваемого движения неизвестны или известны только частично, метод обучения должен быть направлен преимущественно на изучение его биомеханической модели [1, 4].

По мнению А.Н. Лапутина, [5] моделирование спортивной техники используется в тренировочном процессе для решения двух основных задач – исследования движений и обучения им.

В современной научной литературе существует большое количество определений термина «моделирования». В наиболее широком смысле они сводятся к тому, что моделирование — это исследование объектов познания, что предполагает построение и изучение моделей реально существующих предметов, процессов или явлений с целью получения объяснения этим явлениям, а также для предсказания явлений, интересующих исследователя.

Использование метода моделирования позволяет, при учете основных законов физики, механики, математики, физиологии, биологии и других наук, объяснить функциональную структуру изучаемого процесса, выявить его связи с внешними объектами, оценить количественные характеристики [2].

Концепция разработки модели базируется на теории и количественной информации о моделируемом объекте или явлении (переменные величины, отдельные характеристики, взаимосвязи между ними и т.д.).

© Кашуба В.А., Литвиненко Ю.В., Данильченко В.А., 2010

В работе С. Bohn, [6] отмечается, что в зависимости от назначения модели, ее форма может быть различной: мысленные модели (например рабочая гипотеза), математическая модель, а также материальные или телесные модели. Причем материальные модели могут быть представлены как в виде твердого тела (без возможности деформации), так и с возможностью изменения его отдельных сегментов (деформируемые).

По мнению R. Ballreich, [7], процесс создания модели включает в себя четыре основных действия: формулировка проблемы, разработка модели, ее проверка и имитация. Кроме того, как отмечает автор, при разработке модели, необходимо определить концепцию и форму модели.

Каждая модель должна удовлетворять метрологическим правилам надежности и достоверности. Надежность отражает способность модели давать сходную информацию вне зависимости от того, кто этой моделью пользуется. Достоверность модели заключается в ее способности отражать исследуемый процесс [2].

С появлением и постоянным совершенствованием возможностей видеокомпьютерных систем решение подобных вопросов не только ускорило, но и позволило получать более точную информацию, в том числе в режиме реального времени. Неизменным осталось необходимость представления самой модели.

В своей работе А.Н. Лапунин, [5] отмечает, что для моделей техники каждого вида спорта характерны свои критерии подобия. Например, в видах спорта с циклической структурой движений при моделировании обязательным является использование биоэнергетических показателей, позволяющих перенести с оригинала изучаемых двигательных действий на их модели те же законы взаимосвязи внешней и внутренней энергии движений. Для моделей техники видов

спорта со сложно-координационной структурой движений в качестве таких критериев могут быть использованы различные биомеханические показатели. Как отмечает автор, наиболее достоверную информацию о спортивной технике можно получить, исследуя модели, построенные на использовании критериев подобия, основанных на принципах гомоморфизма и изоморфизма гравитационных взаимодействий моделей и оригиналов двигательных действий.

Поскольку модели техники носят строго моноцелевой характер, по мнению А.Н. Лапутина, [5], для их реализации в тренировочном процессе следует использовать программно-целевой метод и целевые педагогические программы.

Создание биомеханических моделей основывается на двух типах информации: теоретических знаниях об изучаемом двигательном действии и экспериментальных данных, полученных оптическими, оптико-электронными и механо-электрическими методами [2].

На примере отдельных видов спорта мы представим ниже различные виды моделирования спортивной техники, разработанные различными специалистами.

В исследованиях К. Gruber, Н. Ruder, J. Denoth, К. Schneider, [8] использовалась пятизвенная модель тела человека. Одной из особенностей данной модели является то, что стопа моделируется только для определения моментов сил реакции опоры, а масса самой стопы не учитывается. Для каждого биозвена (туловище, бедро, голень, плечо, предплечье) определяется его центр масс. Отмеченные биозвенья соединены подвижно. При осуществлении прыжковых движений в момент приземления костная система на несколько миллисекунд раньше, чем мягкие ткани человека, переносит торможение, что также было учтено при разработке данной модели (рис. 1).

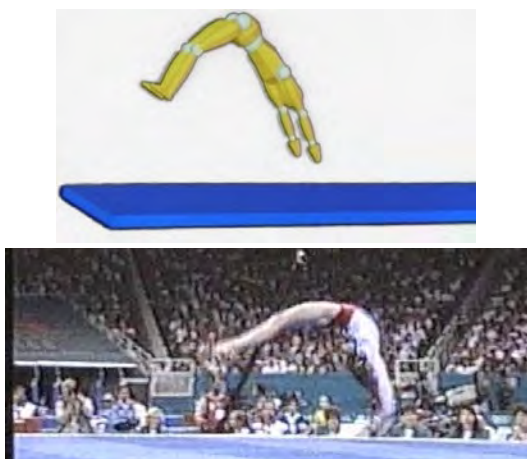


Рис. 1. Сопоставление модели с реальным выполнением двигательного действия гимнаста [8]

Для определения внутренних сил действующий на спортсмена в момент приземления и для расчета самой модели, авторы использовали особый вариант прямой динамики. Данный вариант заключался в разработке и введении системы математических уравнений для

определения моментов сил в суставах и реакции опоры. Точность получаемой информации определялась путем сравнения и многократного «приспособления» моделируемого движения с реальным выполнением двигательного действия.

По мнению Khaled M. Zahran, [9] использование компьютерного моделирования в практике подготовки спортсменов, специализирующихся в тяжелой атлетике является одним из перспективных путей повышения и совершенствования спортивной техники (рис. 2).

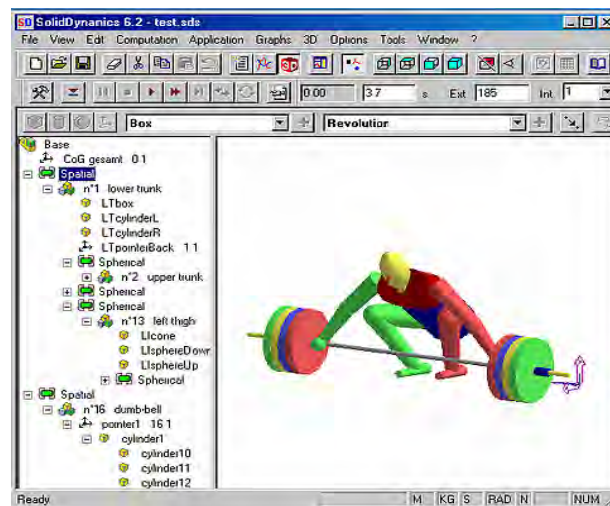


Рис. 2. Представление модели системы «спортсмен-гриф штанги» [9]

Автор отмечает, что техника исполнения каждого конкретного соревновательного упражнения индивидуальна. Она во многом определяется соотношением роста спортсмена и ряда антропометрических данных, а это значит, что такие важные биомеханические характеристики спортивной техники как траектория общего центра масс тела и грифа штанги в сагитальной плоскости также будут индивидуальны. При выполнении разнообразных прыжковых элементов спортсмены переносят большие нагрузки, что в значительной степени сказывается на преждевременном износе межсуставных прослоек, одной из функций которых является снижение ударных нагрузок.

В этой связи определение возникающих внутренних нагрузок двигательного аппарата в момент приземления, по мнению К. Gruber, Н. Ruder, J. Denoth, К. Schneider, [8] одна из важных задач биомеханических исследований. Решение этой задачи авторы видят в возможностях компьютерного моделирования. По мнению специалистов, точность расчетов зависит от правильности построения самой модели спортсмена.

В биомеханике биологические системы рассматриваются как материальные объекты и для анализа их положения в пространстве при движении моделируются в виде материальной точки или системы материальных точек.

При моделировании двигательного аппарата человека необходимо учитывать, что локомоторный аппарат состоит из трех систем: скелетной, мышечной и

нервной. Эти системы анатомически и функционально объединены друг с другом.

В распространенных моделях биомеханические системы представляют взаимосвязанные между собой сегментами (звеньями), а движение систем их звеньев изучают, принимая их абсолютно твердыми стержнями разной формы. Отдельные составляющие (сегменты) биологических тел, соединенные в суставах, можно рассматривать как абсолютно твердые тела и при движении считать недеформируемыми или неизменяемыми, если в исследовании можно пренебречь изменчивостью их размеров.

В связи с анатомическими особенностями строения тела человека антропоморфная модель может быть представлена тремя видами моделей, анатомическая основа которых следующая: а) кости и суставы; б) мышцы, сухожилия, кости, суставы и связки; в) нервная система, мышцы, кости, суставы и связки.

Прежде чем моделировать такую сложную систему, как тело человека, необходимо определить цель моделирования и исходя из нее выбрать модель. Структура модели предполагает задание числа звеньев, тип суставов и т.п. Наиболее часто используют одиннадцатизвенную плоскую модель. Подобная модель с высокой точностью описывает такие локомоции, как ходьба, легкоатлетический бег, бег на коньках. Исследование с помощью плоской многозвенной модели осуществляется как в виде прямой, так и в виде обратной задач механики.

При решении как прямой, так и обратной задачи механики предположения, лежащие в основе построения модели тела человека, следующие: сегменты тела (включая туловище) абсолютно твердые; все суставы

идеальные; длины суставов, положения центров масс известны; определены линейная и угловая кинематика звеньев тела; силы реакции приложены в центрах вращения; массы инерции звеньев тела известны; силы сопротивления внешней среды известны [2].

Работа выполнена согласно «Сводного плана НИР в области физического воспитания и спорта на 2006—2010 гг.» Министерства Украины по делам семьи, молодежи и спорта по теме: 2.2.2 «Совершенствование средств и методов технической подготовки квалифицированных спортсменов».

**Цель, задачи работы, материал и методы.**

*Цель работы* – представление основных положений алгоритма разработки статистических моделей техники для квалифицированных спортсменов (на примере шорт-трека).

*Методы исследования:* анализ специальной научно-методической литературы, видеосъемка, биомеханический видеоконьютерный анализ, методы математической статистики.

**Результаты исследований.**

При значительном многообразии способов моделирования спортивной техники одним из наиболее часто используемых на практике является метод сравнительного биомеханического анализа движений спортсменов различной квалификации. Данный подход к моделированию предполагает использование, так называемых, дискриминативных признаков, то есть таких, которые закономерно изменяются с ростом спортивного мастерства и отличаются у спортсменов различной квалификации.

Для выявления дискриминативных признаков техники исследуемого двигательного действия при-

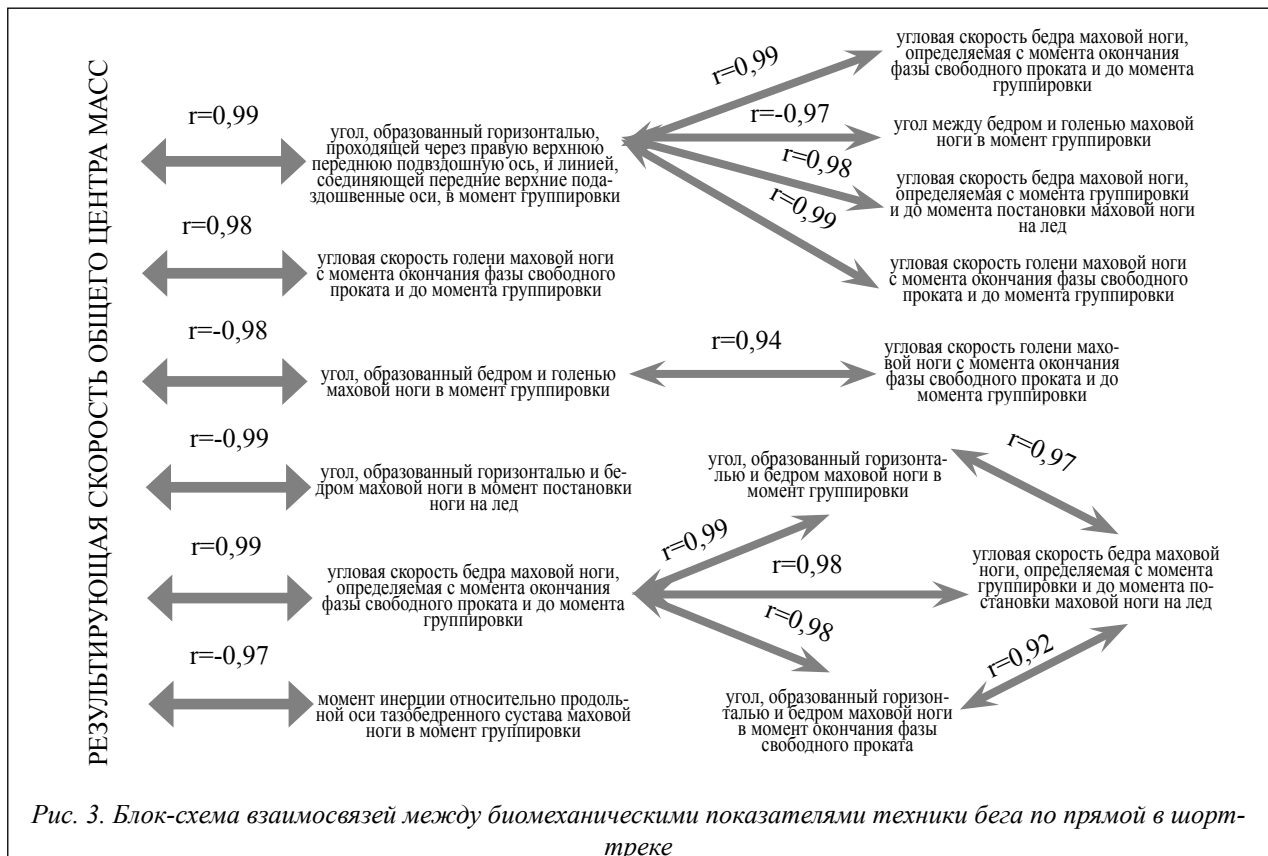


Рис. 3. Блок-схема взаимосвязей между биомеханическими показателями техники бега по прямой в шорт-треке

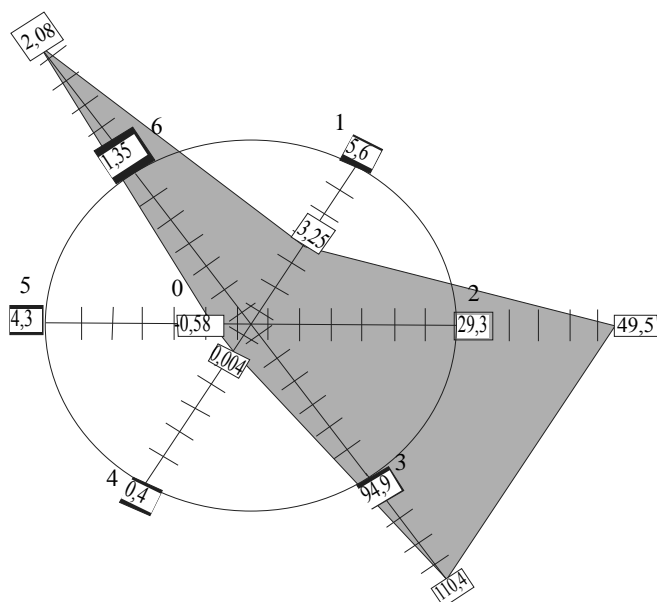


Рис. 4. Статистическая модель техники бега по прямой:

1 — угловая скорость бедра маховой ноги с момента окончания фазы свободного проката и до момента группировки, рад·с<sup>-1</sup>; 2 — угол, образованный горизонталью и бедром маховой ноги в момент постановки маховой ноги на лед, град; 3 — угол, образованный бедром и голенью маховой ноги в момент группировки, град; 4 — угловая скорость голени маховой ноги с момента окончания фазы свободного проката и до момента группировки, рад·с<sup>-1</sup>; 5 — угол (во фронтальной плоскости), образованный горизонталью, проходящей через верхнюю переднюю правую подвздошную ость, и линией, соединяющей верхние передние подвздошные ости в момент группировки, град; 6 — момент инерции относительно продольной оси тазобедренного сустава маховой ноги в момент группировки, кг·м<sup>2</sup>;

■ — модельные показатели; □ — показатели квалифицированных шорт-трековиков.

меняется корреляционный анализ, при котором определяется зависимость полученных биомеханических показателей, как правило, от одной характеристики спортивной техники имеющей прямую связь со спортивным результатом, например результирующая внутрицикловая скорость ОЦМ тела спортсмена в беговых дисциплинах легкой атлетики. Выявление дискриминативных признаков неразрывно связано с разработкой статистической модели, то есть представление модельных значений для конкретной биомеханической характеристики в исследуемый момент времени. После получения последней проводится сравнительных биомеханический анализ техники спортсменов различной квалификации, причем выявленные модельные значения выступают в качестве ориентира для квалифицированных спортсменов.

Данный подход был реализован на примере техники бегового шага на прямой в шорт-треке. В результате биомеханического видеокomпьютерного анализа нами было получено 137 характеристик. Использование корреляционного анализа позволило выявить шесть показателей имевших статистически достоверную взаимосвязь с показателем результирующей скоростью ОЦМ тела спортсменов с сагиттальной плоскости. Учитывая то, что в нашем исследовании принимало участие лишь шесть спортсменов имеющих квалификацию мастера спорта международного класса, граничное значение коэффициента определяющего степень близости сопоставляемых показателей приближалось к единице.

С целью расширения представлений о том, какие биомеханические характеристики техники оказывают влияние на представленные модельные, был проведен дополнительный корреляционный анализ, который позволил выявить дополнительные статистически достоверные взаимосвязи между исследуемыми показателями (рис. 3).

Проведенный корреляционный анализ между исследуемыми биомеханическими характеристиками и результирующей скоростью ОЦМ тела шорт-трековиков высокой квалификации в сагиттальной плоскости позволил выделить 6 показателей и разработать статистическую модель техники бега по прямой в шорт-треке (рис. 4).

#### Выводы.

1. Изучение литературных источников позволило установить, что вопросы моделирования спортивной техники находятся в поле зрения ученых не один десяток лет. С одной стороны это, позволило в различных видах спорта, накопить огромный практический опыт по вопросам моделирования и совершенствования спортивной техники, с другой же стороны это способствовало повышению эффективности техники двигательных действий.
2. Необходимость моделирования спортивной техники и собственно физических упражнений в спортивной тренировке не вызывает сомнений у большинства исследователей. Моделирование техники каждого физического упражнения должно начинаться с его описания, установления принципов, критериев,

вычленения элементов системы, определения взаимодействия между ними. В педагогическом процессе моделирование необходимо, прежде всего, для того, чтобы обучаемый успешно овладел информацией, необходимой ему для освоения того или иного навыка. В этой связи модель должна быть упрощена настолько, насколько возможно получение при этом достоверной информации об изучаемом объекте или явлении.

3. Данные специально-методической литературы свидетельствуют о том, что сложная система физического упражнения может быть описана конечным множеством моделей, каждая из которых позволяет получить некоторые представления только об отдельных его сторонах. Подход, основанный на выявлении дискриминативных признаков техники двигательных действий, соответствуя вышеотмеченным требованиям, позволяет расширить представление о требуемом выполнении того или иного технического элемента, что значительно облегчает работу тренера и спортсмена. Разработанная и, в ходе педагогического эксперимента, успешно апробированная модель техники бегового шага по прямой в шорт-треке, созданная по такому же принципу, подтверждает правомерность данного положения.
4. Корреляционный анализ между результирующей скоростью ОЦМ тела шорт-трековиков, с одной стороны, и биомеханическими характеристиками, с другой, выявил шесть показателей, которые вошли в статистическую модель бега по прямой: угловая скорость бедра маховой ноги с момента окончания фазы свободного проката и до момента группировки; угол, образованный горизонталью и бедром маховой ноги в момент постановки ноги на лед; угол, образованный бедром и голенью маховой ноги в момент группировки; угловая скорость голени маховой ноги с момента окончания фазы свободного проката и до момента группировки; угол (во фронтальной плоскости), образованный горизонталью, проходящей через верхнюю переднюю правую подвздошную ость, и линией, соединяющей верхние

передние подвздошные ости в момент группировки; момент инерции относительно продольной оси тазобедренного сустава маховой ноги в момент группировки ( $R_{гр} = 0,85$ ;  $R_p =$  от 0,90 до 0,99).

*Перспективы дальнейших исследований* связаны с разработкой модельных характеристик техники квалифицированных спортсменов с использованием современных систем регистрации и анализа двигательных действий.

#### Литература.

1. Гамалий В.В. Координация мышечных напряжений как составляющая техники двигательных действий человека/ В.В. Гамалий // Наука в олимпийском спорте. – 2008. - №1 – С.102 – 105.
2. Воронов А.В. Имитационное биомеханическое моделирование как метод изучения двигательных действий человека/ А.В. Воронов // Теория и практика физ. культуры. – 2004. – № 2. – С. 36-40.
3. Кашуба В.А Биомеханический анализ техники двигательных действий спортсменов различной квалификации, специализирующихся в шорт-треке/ В.А Кашуба, Ю.В.Литвиненко // Наука в олимпийском спорте. – 2008. - №1 – С.94 – 101.
4. Лапутин А.Н. Обучение спортивным движениям / А.Н. Лапутин. – К.: Здоров'я, 1986. – 216 с.
5. Лапутин А.Н. Современные проблемы совершенствования технического мастерства спортсменов в олимпийском и профессиональном спорте / А.Н. Лапутин // Наука в олимпийском спорте. – 2001. – №2. – С. 38–46.
6. Bohn C. Biomechanische Untersuchungen des leichtathletischen Laufs oberschenkelamputierter Athleten: Inauguraldissertation zur Erlangung eines Doktors der Philosophie im Fachbereich 05 Psychologie und Sportwissenschaften der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität zu Frankfurt am Main/ C. Bohn. – 2003. – 207 S.
7. Ballreich R. Grundlagen der Modellmethode. / R. Ballreich, W. Baumann //Grundlagen der Biomechanik des Sports. Probleme, Methoden, Modelle. – Stuttgart: Enke, 1996. – p. 119 – 159.
8. Gruber K. A comparative study of impact dynamics: wobbling mass model versus rigid body models / K. Gruber, H. Ruder, J. Denoth, K. Schneider //Journal of Biomechanics. – 1998. – №31. – p. 439-444.
9. Khaled M. Zahran Computersimulation zur biomechanischen Diagnose des Gewichthebens: Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades des Doctors der Sozialwissenschaften an der Universität Konstanz, Fachbereich Geschichte und Soziologie / M. Khaled. – 2003. – 119 S.

Поступила в редакцию 03.06.2010г.

Кашуба Виталий Александрович, д.н. ФВиС, проф.  
vkashuba@list.ru

Литвиненко Юрий Викторович  
ylitvinenko@mail.ru

Данильченко Владислав Анатольевич