

**П. А. КАЧАНОВ**, д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»,  
**В. И. ГАЛИЦА**, инж. НИЧ НТУ «ХПИ»,  
**В. М. АДАШЕВСКИЙ**, канд. техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»,  
**А. С. ГОРЛОВ**, канд. пед. наук, доц. НТУ «ХПИ»,

## **АДАПТАЦИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ ПРОЦЕССОВ К ТРЕНИРОВКАМ КОПЬЕМЕТАТЕЛЕЙ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ ПО- СРЕДСТВОМ ИНТЕРАКТИВНОГО ТРЕНАЖЕРА**

В статье освещены пути развития технических средств экспресс-диагностики функциональных кондиций легкоатлетов-копьеметателей и на основе проведенных теоретических исследований описаны варианты технической реализации экспресс-диагностики на примере интерактивного тренажера, позволяющего измерять начальную скорость вылета спортивного снаряда – аналога копья при использовании троса в помещении и, благодаря полученной информации, рассчитать результаты каждой из попыток, а также уровней их интенсивности в % от максимума.

**Ключевые слова:** Биомеханика, диагностическая система, интерактивный тренажер, динамическая модель, кинематическая модель, симулятор.

Одной из важнейших задач подготовки спортсменов является объективизация управления состоянием спортсмена в ходе его тренировочной и соревновательной деятельности. В спорте широко используют приборы и комплексы, позволяющие получать и обрабатывать информацию, характеризующую различные параметры специфической деятельности спортсмена в ходе выполнения им упражнений. Это в свою очередь позволяет расширять границы комплексного контроля в системе спортивной подготовки. Однако в современном мире развития измерительной и вычислительной техники, а также коммуникационных систем удивительным выглядит тот факт, что специалисты спорта крайне медленно внедряют современные технические решения, могущие открыть глаза наставникам как при отборе, так и при подготовке атлетов. Именно по этой причине на постсоветском пространстве процент атлетов, перешедших из юношеского во взрослый спорт на порядок ниже, чем в развитых странах мира.

Цель научных исследований – комплексное научно-техническое решение проблемы характеристики биомеханических параметров движений атлетов непосредственно в процессе выполнения ими спортивных упражнений с помощью оригинальных технических средств, позволяющих определять и закреплять эффективные и рациональные двигательные навыки с требуемой интенсивностью и с наименьшими физическими затратами.

Для достижения цели исследований были поставлены и решены такие задачи:

-проведены сравнительные экспериментальные исследования

© П. А. Качанов, В. И. Галица, В. М. Адашевский, А. С. Горлов 2014

результатов дальности метания копья ведущими атлетами Украины и зависимости этих результатов от начальных параметров вылета,

- проведен анализ на степень соответствия теоретических расчетов и кинематических измерений начальных параметров вылета копья в соответствии с результатами протокола соревнований для спортсменов высокого квалификационного уровня на основе методик с использованием камеры скоростной видеосъемки и программ векторной графики для последующего видеоанализа,

- экспериментально определены значения погрешностей измерений в рамках данной методики,

- выбраны наиболее информативные характеристики начальной фазы процесса метания, максимально влияющие на результат,

- разработана функциональная схема интерактивного тренажера, алгоритмы его функционирования в виде измерения физических параметров вылета копья, обработки полученной информации в соответствии с полученными закономерностями и оперативного представления конечных данных атлету для корректировки последующих спортивных движений во время тренировочного занятия.

Предметом исследований были выбраны параметры вылета копья и их взаимосвязь с конечным результатом попытки в соревнованиях, проведен поиск и анализ физических параметров, результаты измерения которых наиболее полно отражают взаимосвязь с конечным результатом при метании копья, а также поиск и анализ способов измерения и алгоритмов преобразования полученной информации в эргономически приемлемый для пользователя вид.

Для выполнения измерений кинематических параметров спортивных движений атлетов использовалась видеокамера с высокой скоростью видеосъемки, а в плоскости кадра обязательно присутствовал предмет с известными размерами в качестве репера. Благодаря сравнению проекций репера и спортивного снаряда появляется возможность определения расстояний, которые проходит снаряд в межкадровые промежутки времени. [3]

Для кинематического анализа используется программа векторной графики CorelDraw. Особенностью этой программы является возможность одновременного размещения на рабочем поле, но в разных слоях, изображений движений атлета и графических заметок – комментариев о расстояниях и углах в интересующих исследователя точках.

Основная идея метода заключается в том, что при наличии в кадре в плоскости съемки объекта с известными размерами становится возможным достаточно точное измерение расстояний между точками кинематической схемы движения атлета. При этом погрешность будет определяться исключительно угловыми искажениями при съемке и размещением репера в кадре. Чем точнее будет измерен репер, чем меньше будут угловые погрешности и чем ближе к измеряемому объекту размещен репер, тем будет выше достоверность измерений. Так, для копьеметателей в качестве репера можно ис-

пользовать их спортивный снаряд. Для женщин длина копья составляет 220см, для мужчин – 260см. Данные реперы находятся в плоскости рабочего кадра и присутствуют в кадре всегда (рис.1). Однако для большей достоверности целесообразно лично измерить данные реперы (копьё), чтобы исключить ненужные погрешности.[3]

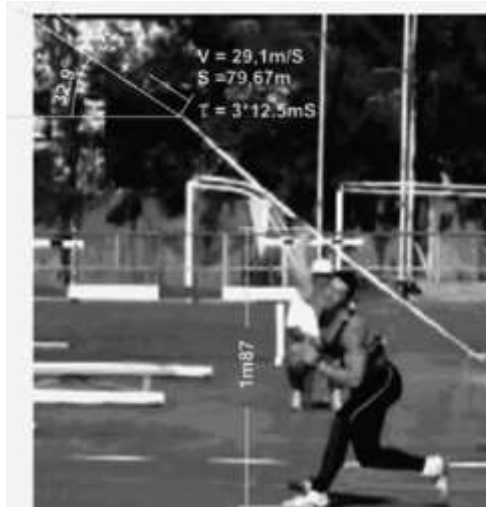


Рис.1. -Фрагмент финальной фазы броска А.Пятницы

В результате поиска и анализа физических параметров в финальной фазе разбега при метании копья атлетом, было определено, что наиболее полно отражают взаимосвязь с конечным результатом такие показатели, как высота выпуска копья, угол вылета копья и угол атаки относительно набегающего потока воздуха, скорость вылета копья [2].

Ниже приведены результаты кинематических исследований финальной фазы метания копья победителем Чемпионата Украины 2012г. А. Пятницы. Также прилагается расчетный график параметров полета копья, выполненный на базе программного комплекса КИДИМ по данным кинематических измерений [9].

По результатам проведенных измерений и расчетных данных следует, что в финальной фазе выполнения броска наибольшее влияние на результат попытки оказывает скорость вылета снаряда. Более того, стремление атлета поднять угол вылета копья при пропорциональном снижении скорости в конечном счете приводит к снижению результата (рис.2).

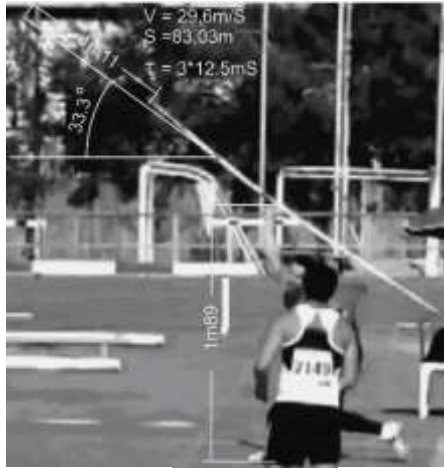


Рис.2.-Результаты данных измерения кинематических параметров вылета копья атлета в 1-й попытке.

На основе данных измерения параметров вылета копья атлета в 1-й попытке был построен график (рис. 3):

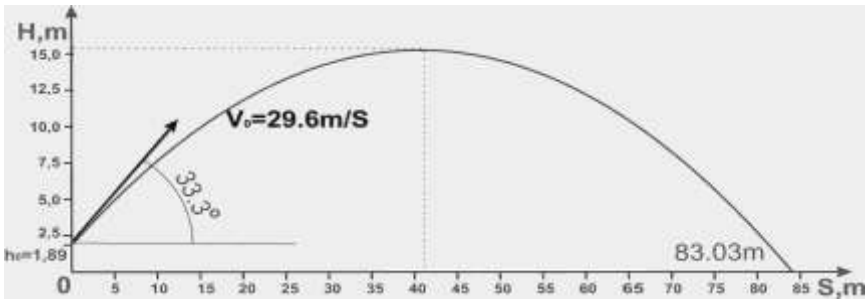


Рис.3. – График параметров полета копья.

Отдельного внимания заслуживают технические возможности исследования кинематических параметров спортсменов программы компьютерной графики. Ниже приведены примеры технических решений получения информации о пространственно-временных параметрах отдельных звеньев тела спортсмена в привязке к временным интервалам покадровой съемки (рис.4, 5, 6):

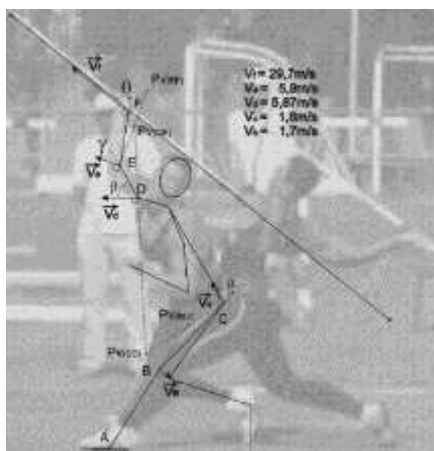


Рис.4 - Кинематическая модель распределения векторов скорости в отдельных звеньях тела копьеметателя в финальной фазе разгона.

Рисунки 5 и 6 позволяют сравнить параметры двух вариантов кинематических моделей траектории движения в отдельных звеньях тела разных копьеметателей в финальной фазе разгона.

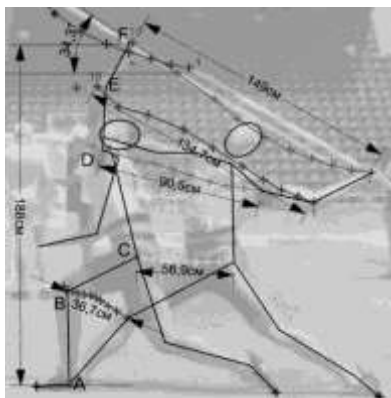


Рис.5 –Участник Чемпионата Украины по легкой атлетике

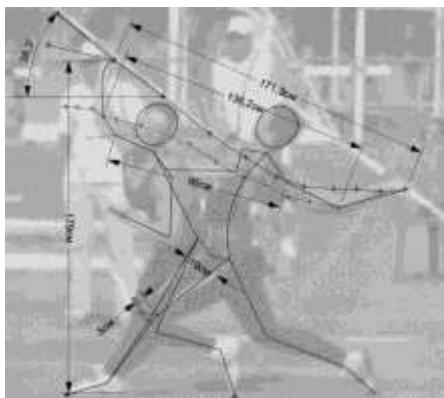


Рис.6 –Победитель Чемпионата Украины по легкой атлетике

Проведенные кинематические исследования открывают перспективу развития методики, позволяющей как атлету, так и его тренеру оперативно получать информацию не только о параметрах вылета спортивного снаряда, но и иметь возможность подробно проанализировать работу всех звеньев тела атлета в фазе выполнения метания, а также сравнить технику выполне-

ния броска у различных атлетов. Камеры ускоренной видеосъемки открывают новые возможности увидеть нюансы выполнения броска, что до этого момента, как правило, не использовалось.

Проведен поиск и анализ способов измерения и алгоритмов преобразования полученной информации в эргономически приемлемый для пользователя вид. Было выбрано два варианта наиболее реальных, с точки зрения технической реализации, способа измерения начальной скорости вылета снаряда – аналога копья: 1 - измерение частоты акустической реакции при скольжении снаряда по тросу с постоянным шагом навивки, 2 - измерение Доплеровского смещения частоты ультразвукового излучателя, закрепленного на кисти спортсмена при метании.

Принцип работы измерительной системы строится на измерении частоты акустической реакции при движении спортивного снаряда вдоль поверхности троса при имитации метания копья (см. рис.7). Поверхность троса имеет заводскую навивку с фиксированным шагом, которая выступает в роли источника акустических колебаний при скольжении опорных втулок трубки во время метания.



Рис.7 – Проведение экспериментов при работе с симулятором копья на тросе.

В связи с этим частота этих колебаний будет прямо пропорциональна скорости движения снаряда, а скорость будет вычисляться как

$$V = f \cdot n$$

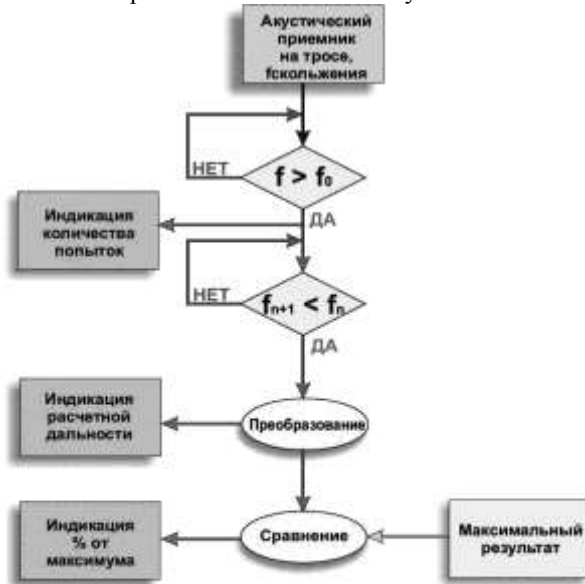
где  $n$  – заводской шаг навивки троса, который в данном случае равен 6,6мм,  $f$  – значение частоты в Гц,  $V$  – скорость снаряда в м/с. Начиная с некоторого уровня частоты начинается непрерывный процесс измерения вплоть до момента снижения частоты. Система фиксирует максимальное значение

частоты и производит дальнейшие вычисления согласно представленному алгоритму (см. рис.8).

Так, при измеренной максимальной частоте при отпускании симулятора копья на уровне 4470Гц по формуле получаем величину начальной скорости вылета копья  $V_0 = 4470 \cdot 0,0066 = 29,5 \text{ м/с}$  что при сравнении с базой данных будет соответствовать результату около 84м.

Процесс измерения Доплеровского смещения частоты основан на приеме частоты от ультразвукового излучателя, закрепленного на кисти спортсмена, при метании (см. рис.9). Приемник размещается перед спортсменом или сзади него на удалении 2-4 метра от линии метаний на штативе таким образом, чтобы находиться в зоне облучения ультразвукового излучателя в период выполнения броска.

Заблаговременно перед началом измерений испытуемый задает через клавиатуру значение максимального результата для вычисления уровня интенсивности, включает закрепленный на кисти излучатель и нажимает

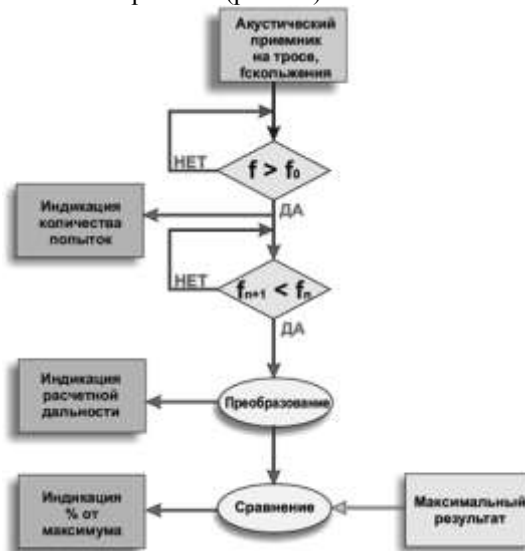


где  $f$  - текущее значение частоты акустической несущей, возникающей при скольжении снаряда по поверхности троса,  $f_0$  - пороговое значение зоны нечувствительности,  $f_{n+1}$  - максимальное измеренное значение частоты,  $f_n$  - значение измеренной частоты, определяющее момент выпуска снаряда из руки атлета.

Рис.8. -Алгоритм функционирования системы измерения скорости вылета симулятора копья при его метании на тросе.



Рис.9. – Акустический приемник, расположенный на корпусе блока индикации измерительной системы кнопку калибровки. В течение 3х секунд производится измерение несущей частоты излучателя при нулевой скорости снаряда, после чего приступает к измерениям. Светящийся светодиод на передней панели приемника свидетельствует о наличии несущей частоты. Измерения начинаются при превышении пороговой скорости снаряда и далее выполняются вычисления в соответствии с приведенным алгоритмом (рис. 10).



где  $f_0=40\text{кГц}$  – частота УЗ-излучателя на кисти метателя,  $f$  – текущее принимаемое значение частоты с учетом Доплеровского смещения при метании,  $f_{\text{пор.}}$  – пороговое значение частоты, при превышении которого начинаются измерения.

Рис.10. – Алгоритм функционирования системы измерения скорости вылета снаряда, в основе которого лежит принцип измерения Доплеровского смещения частоты.





Рис.11. - Ультразвуковой излучатель, размещается на внешней стороне кисти метателя.

Оба выбранных принципа измерения начальной скорости в процессе исследования выявили как явные преимущества, так и недостатки.

Принцип измерения на тросе бесспорно прост и оригинален. Он относится к прямым методам измерения. Главное его преимущество – это отсутствие каких-либо устройств, требующих установки на спортсмене. Достаточно лишь закрепить на нерабочей стороне троса акустический приемник и расположить индикационный блок. Однако наличие трущихся при скольжении поверхностей с механическими приспособлениями, функция которых усиление акустической реакции («трещётка»), со временем в силу высокой степени износа существенно снижает эффективность данной реакции. А шумленность спортивной арены затрудняет выделение полезного сигнала, что приводит к низкой надежности такой системы и требует регулярного обслуживания. К тому же данная измерительная система является стационарной и не позволяет ее использование за пределами помещения, где она может быть установлена.

Принцип измерения Доплеровского смещения частоты является более универсальным. И, хотя главным недостатком является наличие УЗ-излучателя на рабочей кисти спортсмена, данный принцип имеет и существенные преимущества. Во-первых, такая система полностью автономна. Ее можно использовать как на симуляторе копия с тросом, так и с обычным копьём как в помещении при метании в сетку, так и на стадионе, что существенно облегчает калибровку. Во-вторых, система помехоустойчива. Несущая частота принимается в диапазоне 39-41кГц. А всем известно, что в данном акустическом диапазоне источники помех крайне редки, а на стадионах и в спортивных залах и вовсе отсутствуют. Да и наличие компактного излучателя на внешней поверхности кисти атлета весом 2-3% от общего веса ко-

пья в тренировочном периоде является не настолько существенным недостатком, чтобы отказаться от его применения.

В результате вышеизложенного было принято решение создать систему измерения скорости вылета снаряда на основе измерения Доплеровского смещения частоты излучателя, который будет устанавливаться на внешней стороне кисти спортсмена. Таким образом метатели получают возможность иметь информацию о скорости вылета снаряда как в процессе тренировок на тресе с использованием симулятора копья, так и в тренировках по метанию реального копья.

**Научная новизна исследований.** 1. Выполнен статистический анализ соответствия проведенных теоретических исследований результатов дальностей полёта копья в зависимости от параметров его вылета и практических исследований в виде скоростной видеосъемки и последующего видеоанализа с помощью программ векторной графики.

2. Впервые найдены физические явления, результаты измерения которых наиболее полно отражают взаимосвязь с данными параметрами вылета копья и протокольными результатами попыток в соревнованиях.

3. Найдены и разработаны способы измерения и преобразования полученной информации в эргономически приемлемый для пользователя вид.

**Практическое значение исследований.** Результаты экспериментальных исследований, в последующем внедренных в виде интерактивного тренажера, могут быть использованы для отработки координационных моделей и коррекции физических нагрузок. Это необходимо для планомерного подвода спортивной формы атлета и достижения максимального результата как спортсменов высокого уровня, так и при подготовке спортсменов-новичков с целью их адаптации к изменяющимся физическим нагрузкам в соответствии с тренерским заданием. Был проведен эксперимент, в результате которого получены видеозаписи попыток одного из сильнейших копьеметателей мира Александра Пятницы, ставшего в последующем серебряным призером Олимпиады в Лондоне. В результате расчётов с помощью математической модели компьютерной программы «КИДИМ» [9] были получены графические зависимости результатов для пяти попыток при изменениях высоты выпуска, угла вылета и начальной скорости выпуска копья, переменных значениях сил сопротивления воздуха и подъёмной силы среды испытываемого спортсмена А.Пятницы.

Теоретические и экспериментальные исследования выявили, что наиболее весомо на конечный результат попытки влияет в целом не высота выпуска и угол вылета копья, а начальная скорость его выпуска. Более того, именно скорость выпуска копья определяет физическую кондицию атлета [3].

Для определения скорости вылета копья, а также управления финальными действиями спортсменов создан оригинальный комплексный тренажёр, изображённый на Рис.7, 9 и 10.

Представленный тренажёр предполагает выполнение тренировочных метаний симулятора копья на тросе, изменяемое положение которого определяет угол и высоту его выпуска.

**Выводы:** Описанные в работе исследования подтвердили возможность комплексного научно-технического решения проблемы характеристики биомеханических параметров движений атлетов непосредственно в процессе выполнения ими спортивных упражнений с помощью технических средств, позволяющих определять и закреплять эффективные и рациональные двигательные навыки с требуемой интенсивностью и с наименьшими физическими затратами. Проведенные эксперименты и исследования параметров вылета копья подтвердили высокую степень корреляции между измеренными кинематическими параметрами движений атлета в финальной фазе метания (скорость вылета копья) и результатом попытки. Были выявлены физические принципы, которые наиболее полно отражают такую взаимосвязь с конечным результатом при метании копья. Найден способ измерения и преобразования полученных данных в эргономически приемлемый для пользователя вид.

Создание и дальнейшее использование таких тренажеров в индустрии спорта поможет значительно улучшить технику движений спортсменов в финальных фазах метания копья, а следовательно и повысить спортивный результат.

Проведенные кинематические исследования открывают перспективу развития методики, позволяющей как атлету, так и его тренеру оперативно получать информацию не только о параметрах вылета спортивного снаряда, но и иметь возможность подробно проанализировать работу всех звеньев тела атлета в фазе выполнения метания, а также сравнить технику выполнения броска у различных атлетов. Камеры ускоренной видеосъемки открывают новые возможности увидеть нюансы выполнения броска, чего до этого момента как правило не использовалось.

**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. Теоретические основы механики биосистем: Учебное пособие/ В. М. Адашевский. - Харьков НТУ "ХПИ", 2001. - с.258. 3. Галица В.И., Горлов А.С., Скрипниченко И.Н., Качанов П.А., Любиев А.И. Интерактивная система экспресс-диагностики в подготовке спортсменов - копьеметателей. – ДонНУ, 2012. 4. Захаровська Тетяна, Горбенко Василь. Факторна структура кінематичних показників техніки металників спису на етапі початкової підготовки // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. - Харків, 2008. - №4, - С. 5. 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. 6. 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. 7. Лебедев А.А., Чернобровкин Л.С. Динамика полета беспилотных летательных аппаратов. – ГНТИ Оборонгиз, Москва, 1962. -34 с. 8. 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. **9.** Свидетельство о регистрации авторского права на произведение. № 16273. Украина. Программный комплекс для расчетов кинематики, кинестатики и динамики дискретных моделей машин и механизмов (КДИМ) : компьютерная программа / Ю. М. Андреев. - Дата регистрации 12.04.2006.**10.** Совершенствование техники движения в метаниях с использованием технических средств и локальных отгощений / 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.**11.** 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>.

**Bibliography (transliterated):** **1.** Avanesov V.U. Primenenie special'nogo kistevogo otjagoshhenija v processe vypolnenija broskovoj raboty legkoatletami-metateljami / Avanesov V.U., Efreмова V.I. // Modelirovanie sportivnoj dejatel'nosti v iskusstvenno sozdannoj srede (stendy, trenazhery, imitatory) : (materialy konf.). - M.: 1999. - S. 4-5. **2.** Adashevskij V.M. Teoreticheskie osnovy mehaniki biosistem: Uchebnoe posobie/ V. M. Adashevskij. - Har'kov NTU "HPI", 2001. - s.258 **3.** Galica V.I., Gorlov A.S., Skripnichenko I.N., Kachanov P.A., Ljubiev A.I. Interaktivnaja sistema jekspress-dijagnostiki v podgotovke sportsmenov - kop'emetatelej. - DonNU, 2012. **4.** Zaharov's'ka Tetjana, Gorbenco Vasil'. Faktorna struktura kinematičnih pokaznikov tehniki metal'nikov spisu na etapi pochatkovoij pidgotovki // Pedagogika, psihologija ta mediko-biologični problemifizičnogovihovannja i sportu. - Harkiv, 2008. - №4, - S. **5.** Kozlova N.I. Formirovanie dvigatel'noj struktury final'nogo usilija v metanii kop'ja na jetape nachal'noj sportivnoj podgotovki: dis. ... kand. ped. nauk: 13.00.04. / N.I.Kozlova. - Minsk, 1994. - 172 s. **6.** Koftun A.I. Trenazhernaja podgotovka v trenirovke kop'emetatelej / Koftun A.I., Bojko Ju.I. // Nauchno-tehniceskij progress i fiziceskaja kul'tura na Dal'nem Vostoke : Sbornik nauchnyh trudov. - Habarovsk, 1988. - S. 54-55.7. Lebedev A.A., Chernobrovkin L.S. Dinamika poleta bespilotnyh letatel'nyh apparatov. - GNTI Oborongiz, Moskva, 1962. -34 s. **8.** Popov G.I., Ermolaev B.V., Arakelov A.L. Koordinacionnye perestrojki v tehnike metanija kop'ja: model'nye i jekspperimental'nye ocenki. - Teorija i metodika fiziceskoj kul'tury, 1993. - №1. - S.7-10. **9.** Svidetel'stvo o registracii avtorskogo prava na proizvedenie. № 16273. Ukraina. Programmnij kompleks dlja rasčetov kinematiki, kinetostatiki i dinamiki diskretnykh modelej mashin i mehanizmov (KIDIM) : komp'juternaja programma / Ju. M. Andreev. - Data registracii 12.04.2006.**10.** Sovershenstvovanie tehniki dvizhenija v metanijah s ispol'zovaniem tehničeskix sredstv i lokal'nyh otjagoshhenij / Popov G.I., Hanin I.V., Loginov A.A., Ivanov A.N. // Modelirovanie sportivnoj dejatel'nosti v iskusstvenno sozdannoj srede (stendy, trenazhery, imitatory) : (materialy konf.). - M.: 1999. - S. 85-87.**11.** 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>.

*Поступила (received) 11.03.2014*

**П. А. КАЧАНОВ**, д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»,  
**В. М. АДАШЕВСКИЙ**, канд. техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»,  
**В. И. ГАЛИЦА**, инж. НИЧ НТУ «ХПИ»,  
**А. С. ГОРЛОВ**, канд. пед. наук, доц. НТУ «ХПИ»,

## **ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В МЕТАНИИ КОПЬЯ**

В статье проведен анализ биомеханических характеристик спортсмена – копьеметателя, которые в наибольшей степени влияют на результат, а также параметры действий, используемые в физико-математическом моделировании биомеханических систем в метании копья.

**Ключевые слова:** Биомеханика, диагностическая система, интерактивный тренажер, динамическая модель, кинематическая модель, симулятор.

**Актуальность темы:** Главной проблемой современных исследований в спорте являются биомеханические действия, которые способен реализовать спортсмен для повышения результативности [1]. Эта проблема может быть реализована только с помощью комплексных экспериментально-теоретических исследований, позволяющих определить, а затем выполнить действия с эффективными и рациональными биомеханическими параметрами за наименьшее время и с наименьшими физическими и материальными затратами.

Такое комплексное решение позволит кардинально улучшить существующие методы подготовки спортсменов, откорректировать двигательные действия в различных фазах и существенно повысить результативность [2].

Спортивный результат в метании копья - дальность полета - определяется в основном биомеханическими характеристиками, которые способен реализовать спортсмен, а именно: абсолютной начальной скоростью вылета, углом вылета, углом атаки, высотой выпуска копья [6,7].

Абсолютная скорость копья в момент вылета является основной биомеханической характеристикой при метании и оказывает наибольшее влияние на конечный результат попытки. Эта скорость должна быть сообщена рабочему звену тела (кисти), которая находится в контакте с копьем. Она является результирующей скоростью переносного движения тела при разбеге и относительного движения кисти.

Высота выпуска копья приближённо увеличивает или уменьшает дальность полёта снаряда соответственно на величину ее увеличения или уменьшения.

Угол вылета выбирается как наиболее рациональный в пределах 35- 39 градусов к горизонту с учётом угла атаки и силы сопротивления воздуха. Теоретически максимальный результат возможен, когда угол вылета равен