

**В. И. ГАЛИЦА**, НТУ «ХПИ», Харьков;  
**П. А. КАЧАНОВ**, д-р техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков;  
**А. С. ГОРЛОВ**, канд. пед. наук, НТУ «ХПИ»;  
**Э. А. КОРЕЦКИЙ**, канд. техн. наук, ННЦ «Институт метрологии»

## ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ УПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКОЙ СПОРТСМЕНОВ

В статье проведен сравнительный анализ технических средств диагностики двигательных способностей легкоатлетов и описаны предложения по использованию электронных оптических приборов для усовершенствования возможностей измерения физических параметров спортивных движений:

- интеллектуальный оптический двухлучевой створ для измерения временных интервалов в беге;
- "оптическая дорожка" для измерения времени опорных и безопорных фаз беговых шагов спортсменов;
- система для измерения начальной скорости вылета спортивного снаряда – аналога копья при использовании троса в помещении, расчетарезультата попытки и уровня интенсивности попыток в процентах от максимальной.

У статті проведено порівняльний аналіз технічних засобів діагностики рухових здібностей легкоатлетів та описані пропозиції щодо використання електронних оптичних приладів для удосконалення можливостей вимірювання фізичних параметрів спортивних рухів:

- інтелектуальний оптичний двухлучевой створ для вимірювання часових інтервалів в бігу;
- "оптична доріжка" для вимірювання часу опорних і безопорних фаз бігових кроків спортсменів;
- система для вимірювання початкової швидкості вильоту спортивного снаряда - аналога списа при використанні троса в приміщенні, розрахунку результату спроби і рівня інтенсивності спроб у відсотках від максимальної .

There is proposal to use electronic optical equipment to measure the physical parameters of sports movements:

- Smart optical two-beam cross-sections for measuring the time intervals during the run at a distance,
- "Optical track" to measure the time of contact and flight moments running steps of athletes,
- The system for measuring frequency change during the motion along the surface of the spear carrier rope simulation javelin throw in the room in order to calculate the rate of roll, the estimated result and the level of intensity of attempts in % of maximum.

**Введение.** История человечества с древних времен строилась на доминировании более сильных, ловких, быстрых и выносливых индивидуумов над слабыми и пассивными. Каждая социальная группа всегда имела определенное преимущество перед другими при наличии физически гармонизированного большинства ее членов. В современном мире в каждой стране состояние развития спорта, как переднего края физического воспитания нации, было и остается весомым элементом большой политики, как показатель способности защитить свою независимость. Уровень здоровья нации определяется состоянием ее культуры, в том числе и физической. Существует целый ряд аспектов определения этого состояния, таких как - экологический, медико-биологический, социальный, научно-педагогический и инженерно-технический.

За последние годы уровень спортивных рекордов приблизился к физиологическому пределу человеческих возможностей, а их форсирование из-за приема химических стимуляторов нередко приводит к непредвиденным последствиям, вредит здоровью атлетов, в том числе и их наследственности.

**Цель статьи.** Для достижения значительных успехов в подготовке спортсменов крайне необходимо более интенсивно развивать диагностическую аппаратуру с обратной связью, предоставлять возможность атлету корректировать свои движения в зависимости от точности и интенсивности (качества) выполнения задания.

**Анализ технических решений.** Для измерения физических параметров спортивных движений предлагается рассмотреть некоторые варианты применения электронно-оптического оборудования и проанализировать сильные и слабые стороны в сравнении с аналогичной техникой, применяемой в мире.

Рассмотрим возможности разработанного комплекса.

В составе комплекса можно выделить следующие модули: интеллектуальные оптические двухлучевые створы для измерения временных интервалов в беге по дистанции, «оптическая дорожка» для измерения времени опорных и безопорных периодов беговых шагов атлетов, а также система измерения частоты акустической несущей при движении спортивного снаряда вдоль поверхности троса при имитации метания копья в закрытых помещениях с целью измерения начальной скорости вылета, вычисления расчетной дальности и уровня интенсивности попытки в % от максимального результата атлета.

1. Предлагаемые нами интеллектуальные оптические двухлучевые створы для измерения временных интервалов от существующих в мире [1] имеют принципиальное отличие. Классические электронно-оптические системы измерения времени пробегания отрезков дистанции построены на принципе его фиксации в момент пересечения оптического луча пробегающим атлетом. Используются варианты как разнесенной схемы установки излучателя и приемника излучения на финишной линии Рис.1, так и установки излучателя и приемника в общем корпусе с использованием уголкового отражателя Рис.2.

Первый вариант позволяет обеспечить как хорошую дальность порядка десятков - сотен метров, так и предсказуемую точность формирования оптической оси.

Второй же вариант при меньшей дальности (до 20м) более технологичен – вся электронная часть с элементами питания и передачи информации расположена в одном корпусе. К тому же упрощается процесс юстировки при установке оборудования.



Рис. 1. Однолучевой оптический створ. ИК-излучатель и приемник разнесены.



Рис. 2. ИК-излучатель и приемник объединены, используется отражатель

Достаточно установить угловой отражатель в нужной точке, не сильно заботясь о выдерживании ортогонали оптической оси относительно поверхности отражателя, а с противоположной стороны финиша направлять луч до момента приема отражения. При выполнении спортивных измерений однолучевыми створами основной проблемой становится наличие артефактов в процессе измерений, связанных с пересечением оптического луча рукой, головой и только затем грудью. В результате происходит искажение результата в связи с появлением дополнительных сигналов, которые при использовании нескольких створов на короткой дистанции могут совершенно запутать исследователя. А при пробегании одновременно нескольких атлетов и вовсе становится невозможным разобраться в присвоении результатов участникам. Введение принудительной задержки для исключения сигналов от руки (как правило до 35мс) вносит свою погрешность в процесс измерения. Использование системы двухлучевого створа (Рис. 3) отчасти решает данную проблему. В этом случае только при одновременном пересечении двух лучей формируется сигнал записи времени. А из-за разнесенности по вертикали лучей на 20 - 30см одновременное их пересечение, кроме как грудью, становится маловероятным, но не исключается полностью. Нырок головой на финише или выставленная вперед рука, согнутая в локте, все же могут давать ложные срабатывания. Да и при пробегании группы атлетов, растянувшихся по дистанции при установке нескольких створов на небольшом удалении – 10-20м может сводить на нет объективность присвоения результатов. Проблему решает система синхронизации единого времени в таймерах каждого створа, в том числе и датчика старта, с центральным хронометром. Так, незадолго до старта по команде от центрального хронометра выполняется синхронизация времени внутренних таймеров всех удаленных блоков системы.



Рис.3. Двухлучевой оптический створ

При подаче стартового сигнала внутренний контроллер анализирует акустический спектр сигнала, принятого датчиком старта. И, если спектр сигнала соответствует спектру выстрела стартового пистолета, а не голосу, свистку или иному источнику звука, то на центральный хронометр по кабелю или радиоканалу поступает не метка для записи времени (как используется в существующих системах), а кодированный пакет с информацией о времени начала стартового сигнала с адресом датчика-отправителя. Аналогично, при пересечении створа будет выполнен анализ, реальный сигнал, или артефакт. Время этого анализа никак не влияет на погрешности измерения, так как начало каждого сигнала привязано к реальному времени его появления и сигнал пересечения будет передан лишь после проверки и подтверждения его достоверности. Подобно датчику стартового сигнала, каждый оптический створ передает свой адрес, что позволяет распределять принимаемые временные метки по столбцам в соответствии с адресом этой метки. К примеру, при подготовке эстафетных команд 4 x 100м важную роль играет отбор наиболее быстрой связки из двух атлетов, передающего и принимающего эстафетную палочку. С этой целью расставляются оптические створы в начале и конце каждого из трех «коридоров», в которых выполняется передача. Длина коридора - 20 метров. Так, после старта атлет первого этапа, подбегая ко 2-му, пересекает первый луч первого коридора, догоняет заранее стартовавшего атлета второго этапа и до пересечения луча в месте окончания первого коридора передает палочку. Естественно, второй створ зафиксирует время как атлета с эстафетной палочкой, так и следом добегающего атлета первого этапа. Аналогично пересекаются лучи коридоров третьего и четвертого этапов. Понятно, что даже при полном отсутствии артефактов от пересечения палочкой или руками, сложно будет разобраться, кому какой результат соответствует. А ведь таких попыток за тренировку выполняется больше десятка.

2. В учебно-тренировочном процессе оптическая дорожка необходима для измерения времени опорных и безопорных периодов беговых шагов атлетов, как один из наиболее важных критериев физической и технической подготовленности испытуемых. Существует несколько вариантов технической реализации систем для измерения опорных параметров движений атлета:

- Контактные стельки (механические, пьезоэлектрические, акселерометрические, оптические и тензометрические) [2,3 и 4] и насадки на спортивную обувь (Рис.4) позволяют фиксировать динамические и временные параметры шагов и записывать их в архив непосредственно на испытуемом, либо передавать информацию через организованные каналы связи на компьютер.



Рис.4. Датчик на обувь

- Такой вариант решения данной задачи интересен тем, что атлет не стеснен границами зоны испытания. Он может перемещаться по нелинейной траектории (прыжки в высоту), выполнять длительные пробежки (средние и длинные дистанции). Однако наличие инородных стелек в спортивной обуви (для контактных, пьезоэлектрических или тензометрических реализаций) и присутствие навесного оборудования (оптические или акселерометрические датчики на обуви и система приема и обработки информации) вносит некоторые неудобства. Ведь установка оборудования при подготовке эксперимента требует времени. Поэтому тестирование группы атлетов за одну тренировку становится проблематичной.
- Тензометрическая платформа – позволяет фиксировать динамические параметры в виде приложенных усилий к опоре во время движений атлета в трех плоскостях. Оптимальное решение для измерений динамических и временных параметров спортивного движения в метаниях (ядро, диск, молот).
- Реализация задачи измерения временных параметров бега для групп испытуемых выполняется в виде комплекса оборудования, когда на старте беговой дорожки размещается блок облучателей, формирующий последовательность в виде гребенки из лазерных лучей непосредственно над беговой дорожкой на высоте 1-см с шагом 4-6см один луч от другого и общей шириной гребенки в пределах ширины беговой дорожки. На финише устанавливается блок приемников так, чтобы каждый луч от облучателя засветил соответствующий приемник. Испытуемый во время бега периодически пересекает один из лучей, а приемник дает команду фиксации времени опоры или полета соответствующего шага. Развернутая система позволяет поочередно пропустить достаточно большую группу испытуемых. Но основная трудность в таком варианте состоит в кропотливой юстировке при установке системы, что требует целую группу специалистов обеспечения[5].

Представленный нами вариант оптической дорожки принципиально исключает подобные эксплуатационные трудности. Отличие новой системы - в самой идее (Рис. 5):

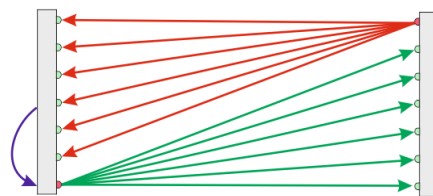


Рис. 5. Схема организации сенсорной поверхности

- используется модулированный луч инфракрасного светодиода (для избежания подстройки чувствительности приемников при изменении уровня внешней освещенности);
- излучатель как точечный источник формирует конус с таким углом раскрытия, чтобы блок фотоприемников засвечивался по всей ширине на расстоянии от 30 до 100 м и более.

Таким образом луч, направленный на находящийся с противоположной стороны дорожки приемный блок с горизонтально расположенными фотоприемниками формирует прямоугольный треугольник, пересекая который испытуемый в момент опоры при беге будет создавать оптическую тень на один из приемников и тем самым будет зафиксирована опорная фаза бегового шага атлета. В крайней части блока вмонтирован ИК-излучатель, который «подсвечивает» противоположный приемник. Так два дополняющих прямоугольных треугольника формируют полноценную «оптическую дорожку» (Рис.5 и 6). Для простоты установки в центре каждого приемного блока установлен сверхяркий светодиод с узкой диаграммой направленности красного светового луча порядка  $6^\circ$ , который будет виден даже в солнечную погоду на расстоянии более 100 м при настройке излучателя. В момент, когда луч засветит все приемники, светодиод погаснет и будет светиться только в момент пересечения одного из лучей.



Рис.6. Фрагмент оптической дорожки

С целью упрощения приема информации (блок архивации подключен только к одному приемнику) излучатель противоположной стороны синхронизирован с выходом приемника. И, как только на дальнем приемнике фиксируется пересечение дорожки (первый треугольник), будет заблокировано излучение на второй приемник, что подтвердит на выходе ближнего приемника пересечение дорожки.

3. Возрастание объема и интенсивности тренировочной работы у спортсменов высокой квалификации приближены к пределу их физических возможностей. Мировая и отечественная практика научных исследований убедительно свидетельствует, что улучшение спортивных результатов должно идти по пути поиска новых средств, повышающих эффективность тренировочных занятий без значительного увеличения их объема и интенсивности. Необходимость решения вопросов, связанных с повышением уровня физической подготовленности и совершенствованием технического мастерства, приводит исследователей к поиску новых путей применения различного рода нетрадиционных технических средств обучения [6,7].

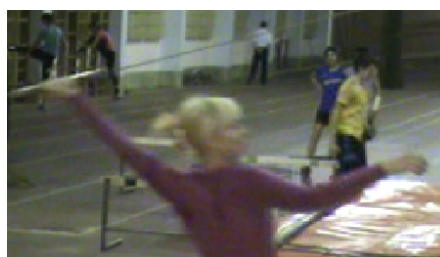


Рис.7. Метание аналога копья на тросе

Представленная нами система для измерения начальной скорости вылета спортивного снаряда – аналога копья работает на принципе измерения частоты акустической несущей при движении спортивного снаряда вдоль поверхности троса. На подвешенный трос с необходимой степенью провисания устанавливается конструкция в виде трубки с предварительно установленным весом, эквивалентным облегченному, утяжеленному копью или ему соответствующему.

Поверхность троса имеет заводскую навивку с фиксированным шагом, которая и будет выступать в роли эдакой «трещетки» при скольжении капролактановых опорных втулок трубки во время метания (Рис.7,8).

В безопасном месте за отбойником на тросе установлен акустический приемник, измеряющий частоту акустической несущей, которая однозначно будет соответствовать скорости вылета снаряда.

В процессе разгона измеряется частота при его скольжении, выделяется максимум и на его основе рассчитывается дальность попытки.

При сравнении полученного результата с лучшим результатом предыдущего сезона из базы данных вычисляется уровень интенсивности попытки в % от максимума атлета. Эта информация моментально индицируется на индикаторе, позволяя атлету корректировать свои усилия последующих попыток в соответствии с планом тренировки.



Рис.8. Метание аналога копья на тросе

Для более глубокого анализа тренажер позволяет:

- построить кривую скорости разгона снаряда и сравнить её с кривой наиболее удачной попытки,
- синхронно построить кривые изменения ускорения по трем координатам в контрольных звеньях тела испытуемого посредством установленных миниатюрных акселерометрических датчиков с дистанционной передачей информации на компьютер.
- синхронно с этими кривыми на графике индицируется репер – отметка события (моменты опорных-безопорных периодов, моменты пересечения выбранного участка пространства и др.)
- динамическая визуализация может быть совмещена с кинематической благодаря синхронному проведению видеосъемки и покадровому совмещению.

#### **Выводы.**

**1.** Таким образом, при использовании единого временного поля и наличия адресации каждого датчика, а также с предварительной логической фильтрацией незначачих результатов (игнорирование результата пересечения уже передавшего эстафету атлета и др.), представленные данные становятся ясными и понятными. Тренер может иметь однозначную информацию как о времени пробегания соответствующего отрезка каждым атлетом, так и время преодоления коридора в различных связках передающей и принимающей сторон. При такой идеологии работы системы максимально снижаются риски потери результата при передаче их по радиоканалу в местах с ухудшенной помеховой обстановкой в эфире.

**2.** «Оптическая дорожка» позволяет оперативно выполнить исследования параметров беговых шагов для группы атлетов без использования громоздкой дорогостоящей аппаратуры. Такую систему легко обслуживает один оператор.

**3.** Комплекс позволяет планировать спортивные результаты на основе полученной информации об уровне скоростно-силовой и технической подготовки спортсмена-метателя по результатам тестирования в процессе выполнения определенных спортивных движений в течение круглогодичной подготовки.

**Список литературы:** 1. Компания – производитель спортивной электроники TagHeuer, Швейцария ( <http://www.tagheuer.com>). 2. Бардин В.В. «Моделирование спортивной деятельности в искусственно созданной среде (стенды, тренажеры, имитаторы)». - М.: "Физкультура, образование и наука",1999. - 380 с. 3. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнений - М.: Просвещение, 1989. - 205 С. 4. Соколов В.Г. Устройство контроля и лидирования временных параметров бегового шага. - М.: "Физкультура, образование и наука",1999. - 380 с. 5. Компания – производитель спортивной электроники New Test Powertimers, Финляндия (<http://www.newtest.com>).

*Поступила в редколлегию 28.05.2012*