

УДК 621.397:796

Б. Г. ЛУКЬЯНОВ, Б. И. ШЕЙКО, В. С. ФЕТИСОВ, О. А. ДУДОВ**ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС
ДЛЯ ВИДЕОАНАЛИЗА ДВИЖЕНИЙ СПОРТСМЕНОВ**

Описано создание универсального, простого в использовании и доступного для большинства тренеров и спортсменов средства анализа движений с помощью видеокамер и компьютера. Охарактеризовано состояние дел в области кинематического анализа спортивных движений. Обоснована актуальность разработки специализированного комплекса на основе видеокамер и компьютера, предназначенного для широкого использования. Приводятся первые результаты разработки. *Информационные системы; управление спортивной тренировкой; биомеханический анализ*

ВВЕДЕНИЕ

Для достижения наивысшего результата в спорте необходима рациональная и эффективная техника выполнения соревновательных упражнений, поэтому спортсмен (от новичка до заслуженного мастера спорта) должен постоянно работать над ее совершенствованием, а также должен уметь анализировать каждое спортивное упражнение. Наиболее объективен и содержателен биомеханический анализ. Вопрос о его эффективности особенно остро встал на современном этапе развития спорта, так как огромный накал спортивной борьбы вынуждает мобилизовать доступные резервы обучающей информации.

Точный количественный биомеханический анализ выполнения упражнений представляет собой мощный инструмент исследований в спорте. Эта форма анализа нужна для выявления и задания эталонов выполнения соревновательных упражнений, для решения вопросов построения движений, для определения биомеханических закономерностей двигательных действий. Такой анализ позволяет разобраться в причинах и следствиях технических ошибок выполнения спортивных упражнений, найти пути устранения таких ошибок, подобрать вариант эффективной индивидуальной интерпретации техники упражнения и в то же время сохранить целостность рациональной основы техники. Биомеханический анализ представляет то звено, которое призвано органически связать биомеханику со спортивной тренировкой.

Создаваемый программно-аппаратный комплекс предназначен для исследования кинематических характеристик движений

спортсменов в различных видах спорта и призван помочь тренерам оперативно выявлять недостатки выполнения спортивных движений и организовывать эффективное управление тренировочным процессом. Первая версия программного обеспечения ориентирована преимущественно на анализ движений спортсменов в пауэрлифтинге и тяжелой атлетике.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ КОМПЛЕКСА

Актуальность создания комплекса, предназначенного для анализа видеоинформации о движениях спортсменов, обусловлена необходимостью совершенствования существующих схем управления тренировочными процессами на основе объективизации знаний о биомеханической структуре соревновательной деятельности в различных видах спорта.

Современный уровень развития спорта требует дальнейшего научного обоснования путей становления технического мастерства спортсменов, поиск которых в последнее время заметно активизировался в связи с наблюдаемым бурным научно-техническим прогрессом. Последние достижения науки и техники — компьютерные информационные системы — обладают в настоящее время колоссальными возможностями, которые, к сожалению, в спортивной тренировке используются незначительно. В то же время широкое внедрение компьютерных информационных систем в практику подготовки спортсменов и поиск путей их эффективного использования позволило бы вывести качество подготовки спортивного резерва на более высокий уровень

В настоящее время сложилась ситуация, характеризующаяся, с одной стороны, насущными требованиями педагогической практики в повышении качества формирования технического мастерства спортсменов, с другой — отсутствием эффективной системы контроля технической подготовленности, трудностями нахождения моделей оптимальной спортивной техники, а также недостатком технологий их практического использования.

Нельзя отрицать, что внедрению информационных технологий в тренировочный процесс уделяется все большее внимание. В настоящее время разработано и внедрено достаточно много технических средств, улучшающих условия технической подготовки спортсменов. Однако по-прежнему характер педагогического контроля спортивной техники не обеспечивает оптимального управления технической подготовкой спортсмена.

Эффективность использования возможностей видеоанализа определяется в значительной степени способом регистрации и видом, в котором эта информация попадает к спортсмену или тренеру. Оперативность получения и наглядность представляемой информации легко достижимы при использовании современных технологий, а ее быстрое осмысление и применение в тренировочном процессе позволяют в значительной мере повысить его эффективность.

В связи с этим представляется актуальным создание программно-аппаратного комплекса, предназначенного для исследования движений спортсменов, который мог бы применяться как для целей обучения, так и для совершенствования спортивной техники.

ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ВИДЕОАНАЛИЗА СПОРТИВНЫХ ДВИЖЕНИЙ

Исследования кинематики движений человека и животных с помощью покадрового анализа изображений, полученных с помощью фото и кинотехники, известны с конца XIX в. Одни из первых исследований кинематики локомоций человека и животных были проведены *J. Marey* (1830–1904). Применение киноружья позволило зарегистрировать кинематику локомоций человека, выполняемых с высокой скоростью, таких как, например, «сальто назад».

Наибольшее развитие этот метод, названный киноциклографией, получил благодаря трудам *Н. А. Бернштейна* [1]. Суть метода заключалась в регистрации перемещения

суставов тела человека неподвижной фотокамерой. На суставы испытуемого крепили лампочки. Испытуемый с включенными лампочками двигался перпендикулярно оптической оси камеры. Обтюратор с вырезанным окном вращался перед открытым объективом фотокамеры. Окно обтюратора, периодически появляясь перед объективом, делало траекторию движения суставов прерывистой. Для получения действительных координат траектории вручную обрабатывали на стереокомпараторе. По свидетельству проф. *Д. Д. Донского* [2] одна попытка занимала две недели работы высококвалифицированного лаборанта.

Регистрирующую часть метода киноциклографии периодически подвергали модернизации. Постоянно включенные лампочки заменили пульсирующими, это дало возможность убрать из методики создающие сильный шум вращающиеся обтюраторы. Однако такой вариант регистраций локомоций обладал очевидными недостатками: большой длительностью, сложностью организации эксперимента.

Дальнейшее совершенствование метода оптической регистрации локомоций состояло в замене маркеров типа «лампочки» на пассивно отражающие метки. Метод киноциклографии стал бесконтактным. Использование стробоскопа с частотой пульсации 100 Гц дало возможность определить кинематические характеристики локомоций с большой длиной шага и скоростью перемещения, например: бег, тройной прыжок [3].

Несмотря на существенную модификацию метода киноциклографии *Н. А. Бернштейна*, исследование обладало рядом существенных недостатков:

- эксперимент являлся лабораторным, т. е. для его проведения необходимы определенные условия, а именно: затемненное помещение; испытуемый должен двигаться на определенном расстоянии от камеры, иначе размер меток становился очень маленьким, что вызывало трудности в обработке, и как следствие этого, большие ошибки измерений;
- сегменты тела должны обязательно перемещаться.

Последний недостаток метода регистрации неподвижной камерой с открытым затвором являлся самым существенным: если сегмент не двигался (например, стопа в положении подошвенного контакта с опорой при ходьбе), то дискретная последовательность меток стопы превращалась в световое пятно,

что затрудняло определение время контакта стопы с опорой.

Изменение типа регистрирующих устройств (вместо фотокамер стали использовать кинокамеры) значительно упростило метод киноциклографии. Замена неподвижного носителя (фотопленки или фотопластинки) на подвижное регистрирующее устройство, типа кино или видеопленки расширило диапазон биомеханического анализа:

- стало возможным регистрировать кинематику движений на соревнованиях;
- исследовать движения с очень маленькой амплитудой, например, колебания при вертикальной стойке человека.

Однако вторая часть метода киноциклографии (перевод координат из базиса регистрирующего устройства в инерциальный базис) осталась без изменения: считывание со стереокомпаратора с последующим ручным вводом в ЭВМ координат меток тела.

В 70–80-е гг. в Швеции и Италии были разработаны методики, исключаяющие ручную работу при определении координат. Суть регистрации состояла в том, что на тело испытуемого крепили активные маркеры, работающие в инфракрасном невидимом спектре. Светочувствительная матрица фотокамер трансформировала зарегистрированное инфракрасное изображение маркеров в цифровой ряд и записывала координаты меток в оперативную память компьютера.

Несмотря на существенную скорость получения кинематической информации, перечисленная выше методика была лабораторной, так как источники излучения находились на проводной связи с камерами. Кроме этого, методики регистрации меток на теле человека, основанные на активных маркерах, обладают существенными недостатками:

- при повороте конечности источник излучения исчезает из поля видения камер;
- при перекрытии маркеров сегментами тела часть траектории движения пропадает;
- при ярком солнечном свете (дополнительное инфракрасное излучение) точность регистрации существенно снижается.

Методики применения кино- и видеосъемки в спорте с целью построения траекторий движений стали применяться в основном в тяжелой атлетике, а затем и в пауэрлифтинге, где до этого долгое время пользовались механическими регистраторами движения [4]. Причины перехода на кино- и видеокамеры очевидны: относительно медленные движения, возможность использования

обычных камер, четкая корреляция траекторий особых точек с качеством выполнения упражнения [5–9, 14].

Последним достижением в этой области является создание высокоскоростных цифровых видеокамер, способных производить съемку со скоростью до 500–1000 кадров/с. Пока, однако, такие профессиональные камеры весьма дороги. Часто используют исходящее от камер инфракрасное излучение, направленное на прикрепленные к телу испытуемого легкие маркеры. Будучи совершенно незаметным и безвредным для человеческого глаза, инфракрасное излучение не отвлекает испытуемого от выполняемого в момент исследования задания. Отражение инфракрасного света от маркеров в свою очередь регистрируется установленным в камере CCD-датчиком, определяющим в режиме реального времени двумерные координаты центров каждого светоотражающего маркера. При одновременном использовании нескольких камер, подключенных к компьютеру, компьютер строит трехмерную модель исследуемого движения. Обычно программный инструментарий подобных систем обладает богатыми возможностями для визуализации и количественного анализа различных параметров движения.

В отдельных случаях возможны решения, которые позволяют обойтись и без камер. Так, если требуется регистрировать достаточно быстрые движения, и при этом разновидности и диапазон движений ограничены, приемлемым может оказаться устройство, разработанное ранее авторами [10]. Основу устройства составляет набор фотоприемников, расположенных по полуокружности радиусом 30 см. Устройство использовалось для контроля процессов реабилитации конечностей травматологических больных при выполнении ими тестовых упражнений. При этом угловые перемещения конечности вызывают поочередные затенения фотоприемников, которые регистрируются и обрабатываются компьютером. По полученным данным строятся графики угловых перемещений, скоростей и ускорений.

Современные зарубежные системы регистрации кинематических и динамических характеристик локомоций, такие как ELITE, SELSPOT, VICON, COSTEL, ARIEL, PEAK PERFORMANCE по причине ценового фактора являются недоступными для большинства российских исследовательских центров, стоимость подобных комплексов составляет десятки-сотни тысяч евро. Таким образом, разработка

недорогой и информативной системы анализа кинематики локомоций до недавнего времени являлась одной из самых актуальных задач отечественной биомеханики.

Сегодня на российском рынке группой отечественных разработчиков VideoMotion предлагается универсальный аппаратно-программный комплекс StarTrace для видеонализа движений, позволяющий проводить математический анализ основных аспектов локомоций. При наличии ряда ограничений, связанных с отсутствием объемной модели движения испытуемого, система StarTrace дает исследователю возможность получать основные классические кинематические и динамические показатели движений [11].

Специалисты ЗАО НПК «Видеоскан» (Москва) разработали аппаратно-программный комплекс для биомеханических исследований на базе синхронизированных высокоскоростных камер (с частотой кадров от 100 до 500 кадров/с). Система позволяет автоматически и полуавтоматически осуществлять слежение за положением отражающих меток на теле спортсмена, строить траектории движения меток в пространстве, рассчитывать графики изменений во времени координат, скоростей, ускорений меток, текущие положения центров масс выделенных элементов тела [12].

Однако упомянутые системы не отличаются доступностью для широкого круга пользователей. Даже без учета стоимости видеокамер и компьютеров программное обеспечение таких систем стоит порядка нескольких тысяч евро.

Таким образом, разработка отечественной универсальной, простой и дешевой системы для анализа движений спортсменов является на сегодняшний день актуальной задачей.

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА

Конечной целью данной работы является создание универсального комплекса для компьютерного видеонализа движений спортсменов в различных видах спорта. На первых этапах разработки было создано специализированное программное обеспечение для пауэрлифтинга и тяжелой атлетики. Последующие этапы связаны с адаптацией и использованием разработанного комплекса для создания специализированных программных продуктов по видеонализу движений спортсменов и для других видов спорта: прыжков

с трамплина, спортивной гимнастики, легкой атлетики и др.

Компьютерный видеонализ двигательных действий основан на алгоритмической обработке первичных видеоданных, получаемых методом съемки объекта одной или двумя видеокамерами. Полученные видеоданные при необходимости предварительно обрабатываются с помощью известного и доступного программного обеспечения (подрезка видеофрагментов, изменение яркости, контрастности, параметров сжатия и др.), а затем анализируются в среде специально разработанной программы.

Основными исходными требованиями для разработки были следующие:

- 1) возможность использования любых видеокамер;
- 2) отсутствие контрастных меток на теле спортсмена или снаряде, что важно, например, при видеосъемке на соревнованиях, где предварительное нанесение меток невозможно;
- 3) обязательная визуализация траекторий движения интересующих точек и получение графиков их перемещений, скоростей и ускорений;
- 4) возможность сохранения результатов в форматах, доступных для последующего воспроизведения в других программных средах.

СОСТАВ И ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТАННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ВИДЕОАНАЛИЗА ДВИЖЕНИЙ

Разработанный комплекс состоит из аппаратной части, программного обеспечения и создаваемой в его среде базы данных.

Аппаратная часть включает в себя:

1. Две видеокамеры SONY HDR-НС3Е, одна из которых является основной, а вторая вспомогательной. Наличие второй камеры необязательно, но оно может оказаться полезным особенно в условиях соревнований, когда в процессе съемки отдельные интересующие точки закрываются снарядами или ассистентами. Тип камеры также не играет существенной роли: она может быть как цифровой, так и аналоговой. Возможно и применение цифровых фотоаппаратов со встроенным видеорежимом. Однако для анализа быстрых движений (например, прыжки с трамплина) необходимо использование камер с частотой смены кадров не менее 100 кадров/с. Камеры SONY HDR-НС3Е позволяют вести съемку с частотой 200 кадров/с в течение 3 с. В обычном режиме они производят съемку с частотой

той 25 кадров/с, что вполне достаточно для таких видов спорта как пауэрлифтинг или тяжёлая атлетика.

2. Синхронизирующая фотовспышка или сигнальный маячок (опционально). Это может упростить процедуру синхронизации видеофрагментов, получаемых с двух камер. Специальная принудительная синхронизация работы двух камер не предусмотрена, но видеофрагменты, полученные разными камерами, на этапе предварительной обработки видео могут быть выровнены по длине и синхронизированы. В качестве привязки (опорного кадра для синхронизации) выбирается кадр с характерной частью движения, видимой обеими камерами. Наличие фотовспышки или периодически включающегося маячка (что должно быть видно на обоих видеофрагментах) значительно упрощает задачу синхронизации и делает ее более точной.

3. Компьютер для обработки видеоинформации. Рекомендуются IBM PC-совместимый компьютер с установленной операционной системой Windows 98/2000/NT/XP. Рекомендуемая емкость ОЗУ — не менее 1 Гб. Весьма желательно наличие специальной платы для видеомонтажа (или интерфейса для цифрового видео IEEE 1394) и соответствующего программного обеспечения, например, Pinnacle Studio 10. Желательно также наличие пишущего DVD-привода для оптических дисков. Управляющим и обрабатывающим компьютером может являться и подходящий для этого ноутбук.

Разработанное программное обеспечение, получившее название Motion Trace, обладает следующими основными возможностями.

Программа Motion Trace позволяет визуализировать траектории движения интересующих точек (меток), получать графики перемещений, скоростей, ускорений, разложенных по прямоугольным координатам. Интересующие точки помечаются пользователем на первом кадре и далее отслеживаются автоматически по всем последующим кадрам видеофрагмента, в программе предусмотрена ручная коррекция положения меток. При этом не является обязательным наличие контрастных меток на теле спортсмена или снаряде [13].

Количество анализируемых точек: до 16. Время автоматического отслеживания одной точки на видеофрагменте длительностью 100 кадров — не более 80 с. Пользователь имеет возможность задавать нужную ему комбинацию одновременно наблюдаемых на экране окон видеофрагмента и графиков движения.

В программе предусмотрена возможность ввода пользователем вертикальных и горизонтальных разметочных линий, привязанных к подвижным или неподвижным точкам. Возможно, также изменение цветов меток и соответствующих им графиков.

В программе предусмотрена возможность калибровки расстояний по двум координатам, предусмотрена возможность работы со второй, дополнительной камерой, позволяющей синхронно наблюдать закрываемые или недоступные для основной камеры точки. Пользователь может с помощью горизонтального скроллинга перемещаться в любом направлении по кадрам видеофрагмента, наблюдая при этом текущие положения меток на графиках их траекторий.

Программа позволяет производить расчеты и наблюдать изменения текущих положений центра тяжести спортсмена, центра тяжести снаряда и общего центра тяжести. Для удобства работы видеокадр при таком анализе может быть заменен анимированной каркасной моделью. Пользователь может с помощью специального инструмента выделить характерные опорные кадры и поименовать их. Это удобно при анализе различных фаз выполнения упражнений.

Предусмотрена распечатка любого из окон анализа и сохранение результатов в базе данных. Основу базы данных составляют файлы видеофрагментов .avi, а также такие же файлы, соответствующие видеофрагментам, снятым второй камерой (если они есть). После обработки видеоинформации и сохранения результатов автоматически создается 2 дополнительных файла с именами, совпадающими с именем файла основного видеофрагмента. Один из этих файлов имеет расширение .csv — в нем хранится информация о точках траекторий меток, а второй — расширение .wli — в нем хранится информация о спортсмене, упражнении и другая служебная информация. Кроме того, пользователь может отдельно сохранить в виде Excel-таблиц результаты построения графиков перемещений, скоростей и ускорений. В этих таблицах сохраняется информация не только о координатах точек графиков, но и о положении выделенных опорных кадров, что может быть использовано пользователем для организации собственных автоматизированных расчетов в среде Excel. При открытии уже обработанного файла видеофрагмента происходит считывание не только его, но и упомянутых дополнительных файлов.

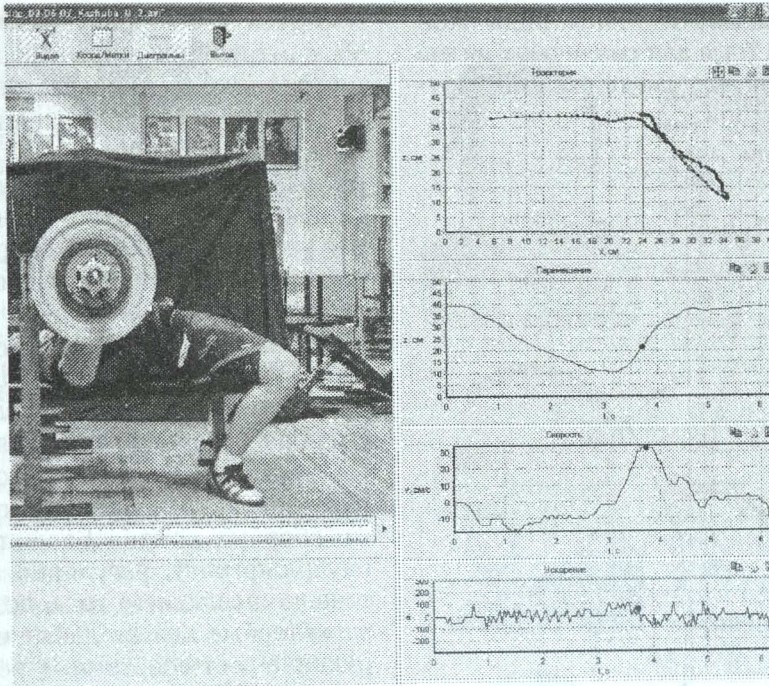


Рис. 1. Типичные графики траектории центра торца грифа штанги и временных разворток его вертикального перемещения, скорости и ускорения (черной точкой на графиках отмечено положение текущего наблюдаемого кадра)

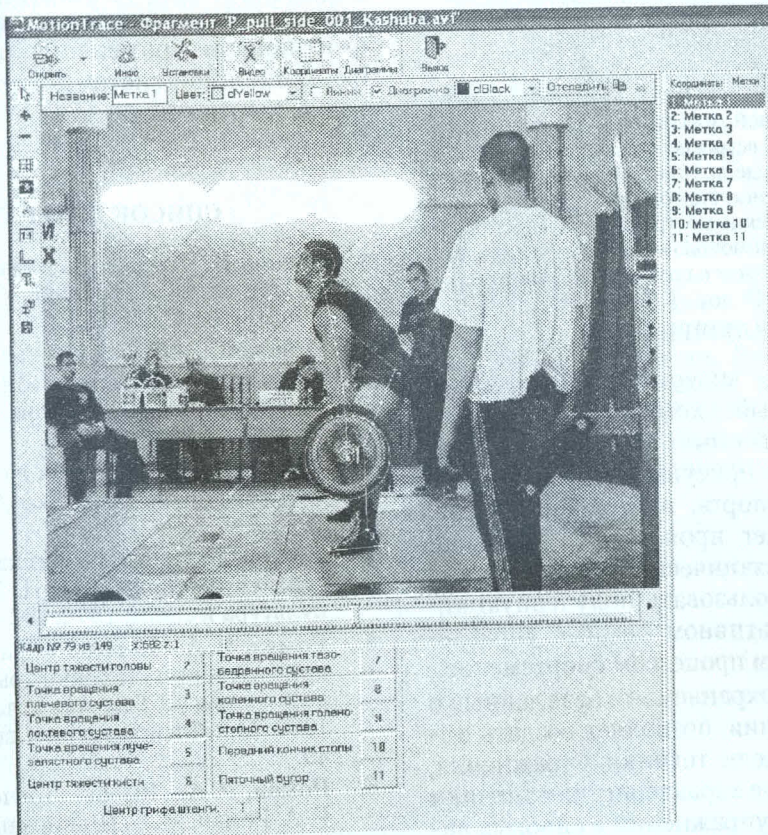


Рис. 2. Метки для определения центра тяжести спортсмена (для расчета центра тяжести спортсмена необходимо знание координат десяти характерных точек на теле спортсмена. Они перечислены в специальной диалоговой области в нижней части экрана. После ввода соответствующих меток на теле спортсмена и метки центра торца грифа штанги производится привязывание меток к перечисленным точкам. Затем, при покадровом отслеживании положений меток, автоматически производится и расчет положений центров тяжести)

На рис. 1–3 показаны типичные виды окон программы Motion Trace для различных видов и этапов работы при анализе движений спортсменов-пауэрлифтеров.

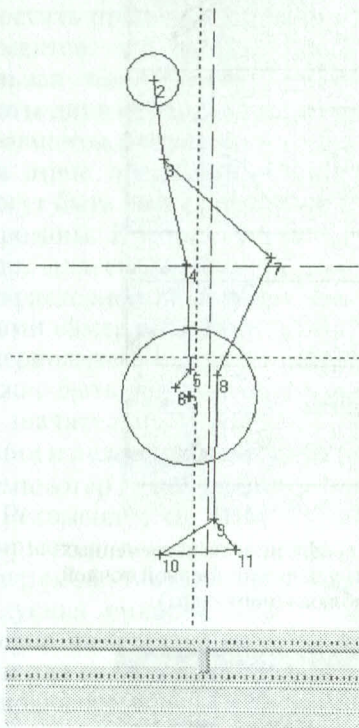


Рис. 3. Режим каркасной модели (для улучшения восприятия в программе встроено опционное включение режима каркасной модели, при котором отключается основное изображение видеокadra, а видны только сделанные геометрические построения. Центр тяжести спортсмена показан с помощью мелкого пунктира, а общий центр тяжести — с помощью крупного)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный видеотехнический программно-аппаратный комплекс позволяет перевести качественный анализ спортивной подготовки, присущий в настоящее время практике спорта, в количественный; комплекс позволяет производить регистрацию, анализ биомеханических характеристик упражнений и использовать полученную информацию в оперативном режиме управления тренировочным процессом спортсменов.

Информация, сохраняемая в базе данных о параметрах движения, позволяет создать индивидуальные модели техники упражнения, получить эталонные характеристики техники соревновательных упражнений в силовых видах спорта.

Программно-аппаратный комплекс позволяет использовать его при обучении и устранении ошибок в технике выполнения упражнений; при планировании тренировочного

процесса и выборе упражнений, применяемых в тренировочном процессе для коррекции техники соревновательных упражнений,

Доступность применения позволяет использовать разработанный программно-аппаратный комплекс в учебном процессе спортивных школ, в учебно-тренировочных группах учебных заведений, спортивных клубах, в тренировочном процессе сборных команд регионов России

Разработанный комплекс хорошо показал себя при использовании для решения задач управления спортивной подготовкой спортсменов в пауэрлифтинге и тяжелой атлетике.

В частности, анализ выполнения соревновательных упражнений многими спортсменами сборных команд Башкирии и России по пауэрлифтингу, регулярно проводящийся в течение последнего года, позволил выделить характерные двигательные ошибки, лимитирующие рост спортивных результатов в пауэрлифтинге, что позволило разработать целевые комплексы программ тренировочных нагрузок, направленных на их устранение.

Результаты исследования кинематических характеристик движения подтверждают эффективность применения предлагаемой информационной системы в спортивной подготовке спортсменов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Левин, В.** Человек, разгадавший тайну живого движения / В. Левин // Наука и жизнь. 2005. № 10. С. 50–55.
2. **Донской, Д. Д.** Биомеханика с основами спортивной техники: учебник для интов физкультуры / Д. Д. Донской. М.: Физкультура и спорт, 1971. 288 с.
3. **Уткин, В. Л.** Измерения в спорте (введение в спортивную метрологию) / В. Л. Уткин. М., 1978.
4. **Жеков, И. П.** Биомеханика тяжелоатлетических упражнений / И. П. Жеков. М.: Физкультура и спорт, 1976. 192 с.
5. **Роман, Р. А.** Методы обработки кинограмм при изучении техники рывка и толчка / Р. А. Роман // Тяжелая атлетика: ежегодник. 1978. М.: Физкультура и спорт, 1978. С. 39–49.
6. **Роман, Р. А.** Рывок, толчок: изд. 2-е / Р. А. Роман, М. С. Шакирзянов. М.: Физкультура и спорт, 1978. 111 с.
7. **Сучилин, Н. Г.** Анализ спортивной техники / Н. Г. Сучилин // Теория и практика физической культуры. 1966. № 12. С. 10–14.
8. **Сучилин, Н. Г.** Педагогико-биомеханический анализ техники спортивных движений на

основе программно-аппаратного видеокomплекса / Н. Г. Сучилин // Теория и практика физической культуры. 1966. № 4. С. 12–20.

9. **Цедов, Р. А.** Компьютерно-видеографический анализ спортивной техники упражнений пауэрлифтинга : выпускн. квалификац. работа бакалавра / Р. А. Цедов. Краснодар : КубГАФК, 2000.
10. **Фетисов, В. С.** Информационно-измерительный комплекс для многопараметрической оценки состояния опорно-двигательного аппарата человека / В. С. Фетисов, О. А. Дудов, П. С. Горулев [и др.] // Медицинская техника. 2004. № 4. С. 16–18.
11. **Videomotion.** Официальный сайт фирмы Videomotion [Электронный ресурс]. <http://www.videomotion.ru>.
12. **Videoscan.** Официальный сайт фирмы Videoscan [Электронный ресурс]. <http://www.videoscan.ru>.
13. **Конушин, А.** Слежение за точечными особенностями сцены / А. Конушин // Графика и мультимедиа : Интернет-журнал [Электронный ресурс]. <http://cgm.graphicon.ru>
14. **Цедов, Р. А.** Анализ траектории центра тяжести штанги в жиме лежа в пауэрлифтинге // Р. А. Цедов, В. А. Долгов, А. И. Мацко // Труды НИИ проблем физ. культуры и спорта КубГАФК. Краснодар : КубГАФК, 1999.

ОБ АВТОРАХ



Лукьянов Борис Георгиевич, доц., каф. физвоспит. Дипл. преп. (ГДОИФК им. П. Ф. Лесгафта, 1980). Канд. техн. наук по управ. в соц. и экон. системах (УГАТУ, 2002). Иссл. в обл. автоматиз. управ. тренир. процесса, оценки психофиз. состояний.



Шейко Борис Иванович, доц., каф. физвосп. Дипл. преп. (КГИФК, 1973). Засл. тренер России. Иссл. в обл. теории и методики спортивной тренировки.



Фетисов Владимир Станиславович, проф. каф. информ.-измерит. техн. Дипл. инж.-элект. (УАИ, 1986). Д-р техн. наук по элем. и устройствам выч. техн. и систем управления (УГАТУ, 2005). Иссл. в обл. измерит. систем.



Дудов Олег Александрович, ст. преп. каф. информ.-измер. техн. Дипл. магистр техн. и технол. по приборостроению (УГАТУ, 2001). Иссл. в обл. медико-биол. техн., информ.-измерит. техн. и технол.