

Захаревич Владислав Георгиевич – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: ssin@mail.ru; 347928, г. Таганрог, ул. Петровская, 81; тел.: 89885406274; д.т.н.; профессор.

Siniutin Sergey Alekseevich – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: ssin@mail.ru; 81, Petrovskaya street, Taganrog, 347928, Russia; phone: +79885406274; the department of microprocessor systems; cand. of eng. sc.; associate professor.

Zakharevich Vladislav Georgievich – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: ssin@mail.ru; 81, Petrovskaya street, Taganrog, 347928, Russia; phone: +79885406274; dr. of eng. sc.; professor.

УДК 681.518.3: 681.518.5

**А.Ф. Кононов, Д.А. Левченко, Г.А. Переяслов, Б.И. Хлабустин, Д.В. Цирулик,
В.Я. Югай**

**ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ
ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ РЕГИСТРАЦИИ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ
ДАННЫХ**

Рассмотрены результаты разработки и практического использования программно-аппаратного комплекса для высокоскоростной регистрации биомеханических данных. Даны основные области применения комплекса и проанализированы требования, предъявляемые к нему. Описан вариант реализации системы синхронной регистрации данных от четырех динамометрических платформ и видеорегистранора, приведена структурная схема комплекса и перечислены основные узлы и их свойства. В качестве примера практического использования продемонстрированы динамограммы воздействия на опору ноги борца, совмещенные с соответствующими кадрами видеосъемки, что позволит в дальнейшем существенно упростить анализ и интерпретацию механограмм.

Биомеханические исследования; динамометрические платформы; синхронизация.

**A.F. Kononov, D.A. Levchenko, G.A. Perejaslov, B.I. Hlabustin, D.V. Tsurulic,
V.Ya. Yugai**

**HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR HIGH SPEED REGISTRATION
OF BIOMECHANICAL DATA**

This article contains the results of the development and practical use of the hardware-software complex for high-speed biomechanical data registration. The main areas of complex are described and reviewed the requirements for it. Describes the implementation of synchronous recording of four dynamometric platforms and video recording systems, is a block diagram of the set and are the major sites and their properties. As an example of practical use of showcase exposure on a support leg dynamogram of fighter, combined with relevant video frames that will further simplify mehanogramm analysis and interpretation.

Biomechanical analysis; dynamometric platforms; synchronization.

Биомеханические исследования имеют большое значение как в диагностике патологий опорно-двигательного аппарата, так и в совершенствовании методик подготовки спортсменов. В первую очередь, такие исследования связаны с анализом динамики опорных взаимодействий при выполнении определенных упражнений [1–3]. Анализ динамики опорных взаимодействий требует регистрации данных в разных фазах движений и, следовательно, приводит к необходимости созда-

ния специальных технических средств. Существующие динамометрические комплексы [2, 3] предназначены для решения ограниченного круга задач, так как выполняют регистрацию данных на весьма ограниченной площади в пределах единственной платформы или тензодорожки с относительно небольшим количеством каналов ввода однородной информации. Тестовые процедуры, выполняемые по заданной двигательной программе, могут требовать большей свободы передвижения, а комплексный анализ – регистрации данных не только динамометрических каналов. Кроме того, для биомеханических исследований в спорте высших достижений необходима повышенная скорость регистрации с обязательной синхронизацией данных всех каналов поступления информации.

Получение необходимых для анализа данных в разных фазах движений приводит к необходимости применения комплекса динамометрических платформ и, следовательно, требует создания многоканальных систем синхронной регистрации. К существенным требованиям в таких системах можно отнести функции регистрации дополнительных данных, например, каналов видеорегистрации, электроэнцефалографии, электромиографии и т.п. Наиболее полная информация о причинно-следственных связях с биодинамикой может быть получена только при комплексном анализе с обязательной синхронизацией каналов ввода разнородной информации [4].

Описанные в публикациях [2, 3] динамометрические комплексы предполагают регистрацию данных непосредственно из измерительных каналов в персональном компьютере (ПК). Такое построение системы биомеханического анализа эффективно только при ограниченном числе каналов, невысокой скорости поступления данных и отсутствии необходимости синхронизации данных различных каналов. Ограничения в системе регистрации данных связаны с особенностями работы прикладных программ в Window's-приложениях, как известно, ОС Window's не является операционной системой реального времени. Применение же других операционных систем связано как с отсутствием необходимых навыков работы у пользователей информационных комплексов биомеханического анализа, так и со сложностью разработки соответствующего программного обеспечения.

Для решения указанных проблем в разработанном программно-аппаратном комплексе для синхронной регистрации биомеханических данных применяется подготовка, преобразование, ввод и регистрация данных измерительных каналов в несколько этапов. На нижних уровнях комплекса подготовка к вводу данных производится средствами, обеспечивающими выполнение необходимых функций в реальном масштабе времени со скоростью, соответствующей скорости поступления исходных данных. Подготовленные к синхронной регистрации данные поступают в ПЭВМ для хранения и последующего анализа с отображением его результатов в удобной для пользователей форме. Указанные функции достаточно эффективно выполняются программным обеспечением со стандартным интерфейсом Window's-приложений. Структурная схема программно-аппаратного комплекса приведена на рис. 1.

Разработанный комплекс состоит из 4-х динамометрических платформ ДМП1-ДМП4, концентратора, видеорегастратора и ПЭВМ. Синхронизация данных во всех каналах ввода информации, включающих измерительные каналы динамометрических платформ и видеорегастратор, производится под управлением общего сигнала синхронизации, формируемого концентратором. Концентратор также обеспечивает считывание синхронно формируемого потока данных измерительных каналов ДМП1-ДМП4 через интерфейс RS-485 для передачи в ПЭВМ через стандартный порт Ethernet. Видеорегастратор содержит буферную память для фиксации видеоряда, синхронизированного с данными измерительных каналов ДМП1-ДМП4.

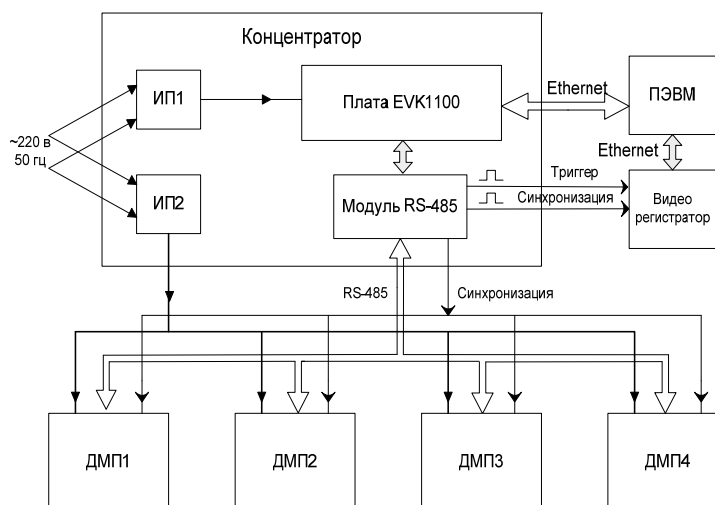


Рис. 1. Структурная схема программно-аппаратного комплекса

Основным элементом нижнего уровня является динамометрическая платформа, являющаяся модернизированным вариантом платформы ПДЗ-А, которая выпускалась ВИСТИ в 80-х гг. прошлого века. Модернизация включала:

- ◆ замену полупроводниковых чувствительных элементов датчиков силы на мостовые тензорезистивные преобразователи;
- ◆ встраивание нормирующих усилителей, аналого-цифровых преобразователей, контроллера и интерфейсных схем.

Все основные характеристики исходной платформы ПДЗ-А не претерпели изменений: максимальное вертикальное усилие составляет 1000 кгс; максимальные горизонтальные силы составляют 500 кгс. Также не изменились массогабаритные, прочностные и динамические свойства платформы. В результате модернизации существенно увеличен динамический диапазон и стабильность сигналов, регистрируемых платформой.

Каждая динамометрическая платформа является конструктивно законченным устройством с разъемами для подключения кабельных линий и может устанавливаться отдельно и независимо от других. Разъемы и кабельные линии позволяют создать произвольную пространственную конфигурацию расположения платформ в соответствии с требованиями проводимых исследований.

Динамометрические платформы обеспечивают синхронное преобразование сигналов измерительных каналов в цифровой формат и передачу этих данных через концентратор в ПЭВМ. Концентратор формирует синхросигналы, обеспечивающие синхронизацию потоков данных динамометрических платформ и средств видеорегистрации, и производит прием данных платформ для последующего ввода в ПЭВМ. Концентратор связан кабельными линиями со всеми остальными узлами системы, и кроме функциональных узлов (платы EVK1100 и модуля RS-485) содержит источники питания ИП1, ИП2. Размещение источников питания в динамометрических платформах представляется нецелесообразным по многим причинам, в том числе и по соображениям электробезопасности.

Концентратор является конструктивно законченным электронным блоком с разъемами для подключения динамометрических платформ, средств видеорегистрации и ПЭВМ. Выходной сигнал концентратора «Триггер» предназначен для создания временной метки, обеспечивающей синхронизацию данных платформ с

данными средств видеорегистрации. ПЭВМ выполняет прием и регистрацию данных для дальнейшей обработки, а также управляет режимами работы концентратора и динамометрических платформ.

Основной режим работы мультиплатформенной системы – режим синхронной регистрации. В этом режиме основные управляющие функции выполняет концентратор, он формирует синхросигналы для всех остальных узлов системы. Опрос данных платформ производится концентратором через интерфейс RS-485 в соответствии с временной шкалой синхросигналов, а передача данных, полученных от платформ, – в ПЭВМ через порт Ethernet.

Разработанный программно-аппаратный комплекс успешно применяется в лаборатории анализа двигательной деятельности НИИ Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма. В научной практике метод динамометрических измерений в исследовании двигательной деятельности спортсменов встречается весьма часто. Но сложность расшифровки полученных в результате измерений динамограмм и трудности их последующей интерпретации существенно ограничивают широкое использование динамометрии. Например, на рис. 2 представлены динамограммы воздействия на опору правой ноги борца, выполняющего бросок противника. При отсутствии дополнительной информации выполнить расшифровку полученной динамограммы не сможет даже очень опытный специалист. Получается, что ценнейшая информация остается недоступной для понимания.

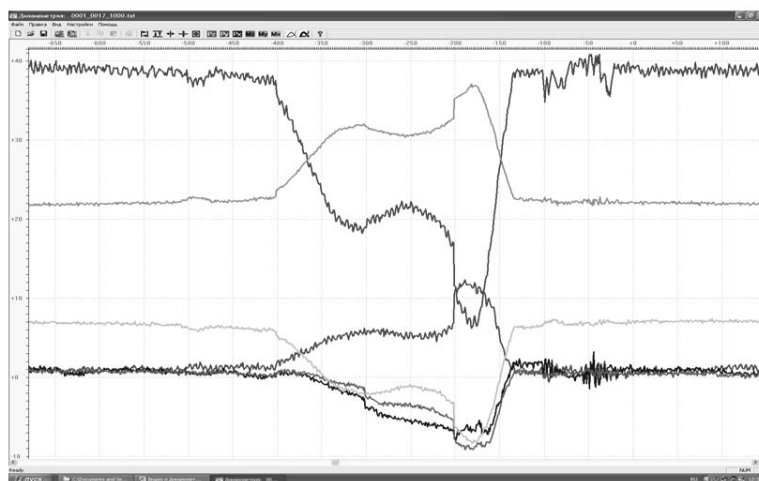


Рис. 2. Динамограммы воздействия на опору правой ноги борца, выполняющего бросок противника

Совмещение динамометрии со скоростной видеосъемкой полностью устраняет эти трудности. Это наглядно продемонстрировано на рис. 3, где показана та же самая динамограмма, но уже покадрово совмещенная с синхронизированной видеосъемкой (моменты времени, соответствующие видеокдрам, на динамограммах показаны визирными вертикальными линиями). Кадры видеосъемки, синхронизированные с динамограммами, существенно упрощают интерпретацию полученных данных.

Таким образом, регистрация дополнительной информации и ее синхронизация с данными измерительных каналов динамометрических платформ в разработанном программно-аппаратном комплексе дает возможность существенно упростить анализ и интерпретацию динамограмм при изучении двигательной активности спортсменов.

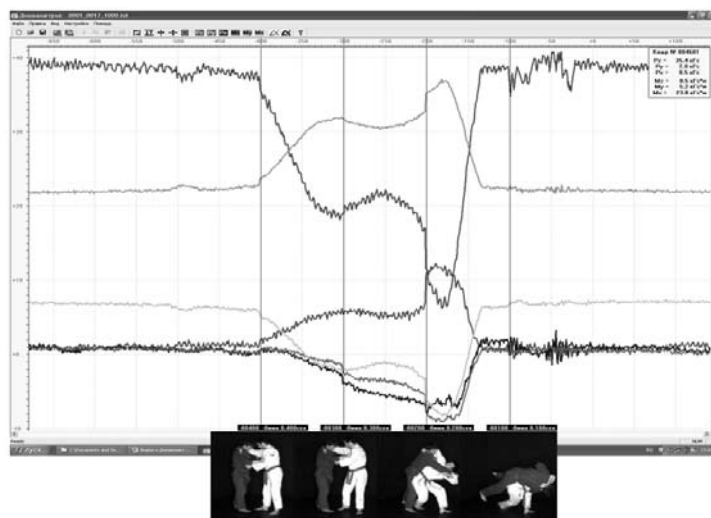


Рис. 3. Динамограммы воздействия на опору правой ноги борца, совмещенные с соответствующими кадрами видеосъемки

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мак-Дугалла Дж.Д. Физиологическое тестирование спортсменов высокого класса / Дж.Д.Мак-Дугалла. – Киев: «Олимпийская литература», 1998.
2. Дышко Б.А. Современные методики биомеханических измерений: компьютеризированный динамометрический комплекс // Научно-теоретический журнал «Теория и практика физической культуры», – 2000. – № 7.
3. Завьялов А.В., Качер В.С., Гадяцкий А.В. и др. Инструментальные средства определения динамических характеристик ходьбы человека [электронный ресурс] / 2005. – Режим доступа: http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/vejpt/2005_6_2/EEJET_6_2_2005_119-121.pdf, свободный. – Загл. с экрана.
4. Югай В.Я., Хлабустин Б.И., Кононов А.Ф. Синхронизация данных в многоканальной информационно-измерительной системе для изучения человека // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 8 (109). – С. 204-210.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор И.Б. Старченко.

Кононов Антон Фёдорович – Закрытое акционерное общество «ОКБ «Ритм»; e-mail: developers@stabilan.ru; г. Таганрог, ул. Петровская, 99; тел.: 88634614016; ведущий инженер; к.т.н.

Переяслов Григорий Анатольевич – e-mail: offise@stabilan.com.ru; заведующий сектором.

Хлабустин Борис Иванович – e-mail: developers@stabilan.ru; заведующий сектором.

Левченко Дмитрий Александрович – Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма; e-mail: levchenkodima@mail.ru; г. Краснодар, ул. Буденного, 161; тел.: 88612550171, добавочный, 125; кафедра биомеханики и информатики; к.п.н.; доцент.

Цирулик Дмитрий Владимирович – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: doodlecraft@gmail.com; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, ГСП 17А; тел.: 88634371606; к.т.н.

Югай Владислав Яковлевич – e-mail: yugaivlad@pochta.ru; тел.: 88634371689; кафедра систем автоматического управления; к.т.н.; доцент.

Kononov Anton Fedorovitch – Joint Stock Company «ОКБ «Ritm»; e-mail: developers@stabilan.ru; 99, Petrovskaya street, Taganrog, Russia; phone: +78634614016; leading engineer; cand. eng. sc.

Perejaslov Grigori Anatolevitch – e-mail: offise@stabilan.com.ru; the department chef.

Hlabustin Boris Ivanovitch – e-mail: developers@stabilan.ru; the department chef.

Levchenko Dmitri Alexandrovitch – Kuban State University of Physical Education, Sport and Tourism; e-mail:levchenkodima@mail.ru; 161, Budyonnoiy street, Krasnodar, Russia; phone: +78612550171125; cand. of ped. sc.; assistant professor.

Tsirulic Dmitri Vladimirovitch – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail:doodlecraft@gmail.com; GSP 17A, 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371606; cand. of eng. sc.

Yugai Vladislav Yakovlevich – e-mail:yugai Vlad@pochta.ru; phone: +78634371689; the department of automatic control system; cand. of eng. sc.; assistant professor.

УДК 612.13

А.А. Мельников, С.Г. Попов, А.В. Борисов

МЕХАНИЗМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ У СПОРТСМЕНОВ ПОСЛЕ АЭРОБНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Исследована ортостатическая устойчивость на фоне утомления после длительной аэробной физической нагрузки у спортсменов (n=32). Ортостатическая устойчивость определялась по реакции на тилт-тест показателей периферической гемодинамики в регионах: голова, абдоминальная часть туловища, верхние и нижние конечности, до и через 10 минут после стандартной 45-минутной велоэргометрической нагрузки (ЧСС=145 уд/мин). До нагрузки спортсмены с большей работоспособностью проявили повышенную ортостатическую устойчивость. У спортсменов отмечалось менее выраженная тахикардия и менее выраженное снижение СОК в голове, а также более выраженное снижение реографического показателя регионального систолического объема крови (СОК) в ногах, руках и животе. После нагрузки реакция СОК в руках, животе и голове в ответ на тилт-тест у спортсменов с наибольшей работоспособностью не отличалась от контроля, а СОК в ногах снижался также более выражено. Мы полагаем, что отсутствие различий в реакции на ортостаз показателей периферического кровотока после большей по интенсивности выполненной нагрузки и потерянного объема жидкости тела во время работы, указывает на повышенную способность сохранять ортостатическую устойчивость у спортсменов на фоне утомления, несмотря на больший уровень дегидратации организма.

Ортостатическая устойчивость; гемодинамика; тилт-тест; спортсмены.

A.A. Melnikov, S.G. Popov, A.V. Borisov

MECHANISMS OF POSTURAL STABILITY IN ATHLETES DURING FATIGUE AFTER AEROBIC EXERCISE

The orthostatic tolerance prior and in fatigue after prolonged aerobic exercise in athletes (n =32) were studied. The orthostatic tolerance were determined in base on reactions of peripheral hemodynamics' indexes (peripheral regions: "legs", "hands", "head" and "abdomen") to tilt-test prior and 10 min after standard 45-min bicycle exercise at intensity (heart rate=145 bit/min). Prior to exercise athletes with higher physical work capacity had an increased tolerance to orthostatic stress. A lower tachycardia and a higher rate of a decrease of impedance index of systolic blood volume (SBV) in legs, hands and abdomen regions of body, and a lower rate of a decrease of SBV in