

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ВОЛГОГРАДСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ
КУЛЬТУРЫ»

Кафедра теории и методики гимнастики

Анцыперов Владимир Викторович

ТЕХНОЛОГИЯ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ В СПОРТЕ

Монография



Волгоград, 2013

ББК 75.00
А743

Рецензенты: к.п.н., доцент Трифонов А.Г.
к.п.н., Лисовой А.И.

Рекомендовано к изданию решением учебно-методического совета ФГБОУ ВПО «ВГАФК» в качестве монографии.

А743 Анцыперов В.В. Технология тензометрического измерения в спорте:
монография. – Волгоград: ФГОУВПО «ВГАФК», 2013. – 129 с.

В монографии рассматриваются вопросы, связанные с организацией и проведением сложных тензометрических измерений и связанных с этим вопросов.

Настоящее пособие является попыткой в изложении материала для самостоятельного изучения особенностей проведения измерений на основе использования тензометрии, последующей подготовки тензограмм в графическом редакторе и непосредственному ее анализу в специализированной программе. Включены данные многолетних экспериментов по осмыслению и анализу двигательной деятельности с использованием данной методики при разучивании спортсменами сложных движений.

Монография рекомендована для магистрантов, аспирантов, преподавателей и специалистов по физической культуре.

ББК 75.00

© Анцыперов В.В., 2013

© ФГБОУ ВПО «ВГАФК», 2013

СОДЕРЖАНИЕ

	Предисловие.....	4
Глава 1.	ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕНЗОМЕТРИИ..	5
1.1	Область применения тензометрических датчиков.....	5
1.2	Тензометрические усилители.....	8
1.3	Тензометрические датчики.....	13
1.4	Схемы включения тензодатчиков.....	19
1.5	Способы соединения тензорезисторов	29
1.6	Особенности наклеивания датчиков.....	30
1.7	Технические особенности подбора и работы тензодатчиков.....	32
Глава 2.	ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕНЗОМЕТРИИ В СПОРТЕ.....	36
2.1	Исследование силовых характеристик прыжка вверх толчком двумя ногами.....	36
2.2	Исследование факторов повышения эффективности выполнения акробатических упражнений на бревне.....	52
2.3	Сравнительный биомеханический анализ техники выполнения переворотов назад прыжком с различной постановкой опорных звеньев.....	54
2.4	Сравнительный анализ техники выполнения сальто назад в группировке из различных исходных положений.....	69
2.5	Определение ведущих компонентов техники выполнения бросковых упражнений в спортивной акробатике.....	81
2.6	Биомеханическое обоснование рациональной техники постановки опорных звеньев тела при выполнении бросковых упражнений в парной акробатике.....	105
2.7	Биомеханическое обоснование различий в работе опорных звеньев тела при выполнении прыжков в воду.....	118
	Заключение.....	127
	Литература.....	128

ПРЕДИСЛОВИЕ

Подготовка специалиста по физической культуре и спорту предполагает системное овладение знаниями не только по ряду психолого-педагогических, биологических и других дисциплин, но и специальных по биомеханике и сопутствующих ей дисциплин. Студент или аспирант, претендующий на высшее образование или ученую степень, должен владеть современными технологиями приобретения знаний, особенно в области познания спортивного упражнения.

Решение задач повышения двигательной активности не возможно без систематической диагностики спортивных движений. Для того чтобы понять как, происходит движение нужно, прежде всего, знать, что и как движется. А для этого, как известно, проводятся измерения различных параметров движения, результаты выполнения которых служат мерилем изучаемых свойств. Это нельзя осуществить без владения методиками проведения точных измерений. Полученные данные позволяют усовершенствовать спортивную технику и улучшить подготовку спортсменов.

Настоящее учебно-методическое пособие ставит своей целью помочь начинающим молодым ученым в получении биомеханических характеристик техники выполнения упражнений на основе проведения высокоточных тензометрических измерений.

Создание пособия вызвано наличием выпускаемых промышленностью разнообразных датчиков, измерительной прецизионной аппаратуры, появлением программного обеспечения для регистрации, воспроизведения и обработки сигналов на компьютере, а также отсутствием учебных и специальных методических материалов для решения подобных задач.

Появление высокоскоростных и портативных компьютеров позволяет упростить и существенно ускорить проведение измерений и последующее получение биомеханических данных при изучении техники сложных упражнений.

Проведение подобных измерений и их последующий анализ требует соответствующих знаний и умений. Освободившееся время можно посвятить серьезному познанию упражнений и творчеству по разработке на этой основе наиболее эффективных средств, методов и приемов обучения движениям.

Настоящее учебно-методическое пособие является попыткой в изложении материала для самостоятельного изучения особенностей проведения измерений на основе использования тензодатчиков, последующей подготовки тензограммы в графическом редакторе и непосредственному ее анализу в специализированной программе.

Понимая сложность и многогранность решаемой проблемы, автор в данной работе сосредоточил усилия на разработке основных направлений повышения эффективности процесса освоения двигательных действий. Проведённые исследования являются лишь шагом в познании существующих закономерностей.

Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕНЗОМЕТРИИ

1.1. Область применения тензометрических датчиков

В области спорта, при изучении техники выполнения упражнения, необходимо знать особенности приложения усилий и характер их проявления во времени. В процессе выполнения спортивных движений спортсмен оказывает механическое воздействие на внешние тела (опорную поверхность, спортивные снаряды и инвентарь), в результате которого эти тела деформируются. Величина деформации, как правило, пропорциональна силе воздействия. Для определения деформаций, как меры силового взаимодействия спортсмена с внешними телами, в практике биомеханических исследований чаще всего используют тензодатчики (тензорезисторы). Они, в настоящее время, находят широкое применение в различных видах спорта.

Тензодатчики наклеиваются, как правило, на твердую поверхность, чаще всего на металлическую балку и устанавливаются в самых различных местах, в зависимости от стоящих задач. Так в гребле датчики наклеиваются на конус уключины или весла, на подножку и на банку. В тяжелой атлетике – на гриф штанги. В стрелковом спорте и биатлоне – на спусковой крючок, ложе и приклад. В гимнастике силоизмерительным элементом служат брусья, гриф перекладины, кольца, ручки коня и т.д. В велосипедном, конькобежном и лыжном спорте для измерения силы немного видоизменяют конструкцию педали, конька, лыжи и лыжной палки, причем эти изменения никак не сказываются на естественной технике движений.

Наиболее часто тензодатчики устанавливаются на специально изготовленную платформу, позволяющую получать вертикальную и горизонтальную составляющие опорной реакции. Ее называют тензодинамографической платформой (рис. 1). При помощи подобных платформ измеряют вертикальную и горизонтальную составляющие опорной реакции.



Рис. 1 Тензодинамографическая платформа

Она получила широкое распространение в различных видах спорта. В легкой атлетике в качестве подобной мини-платформы используются тензостельки, которые вкладываются в спортивную обувь. Платформы устанавливают под покрытием беговой дорожки или разбега в секторе для прыжков, волейбольной или баскетбольной площадки. В акробатике под дорожкой или ковром.

Тензодатчики используются не только для измерения силы, но и для измерения ускорения, а также для регистрации колебаний тела. В этом случае тензодатчики наклеиваются на вертикальный стержень, соединяющий центры нижней и вертикальной площадки стабиллографической платформы (рис. 2).

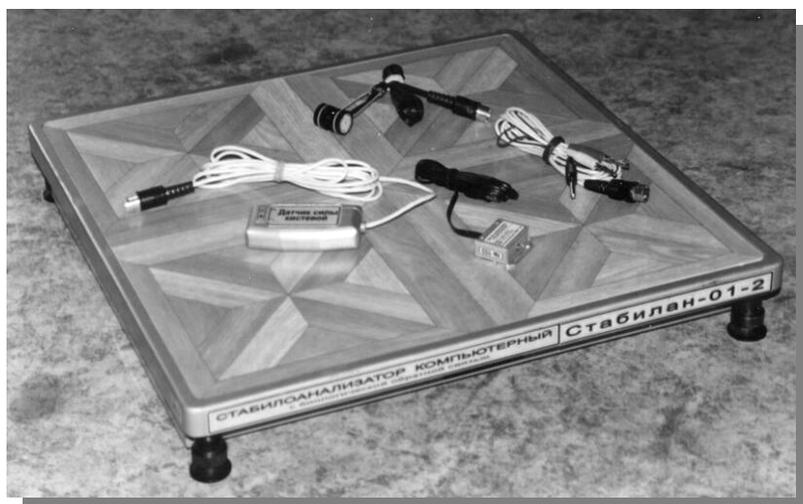


Рис.2 Стабилограф «Стабилан-01»

Стабилография – регистрация колебаний тела в положении стоя. Во многих видах спорта способность сохранять равновесие является важным фактором спортивного мастерства. Кривая изменения проекции координат центра масс тела на горизонтальную плоскость называется стабиллограммой.

При регистрации стабиллограммы датчиком служит стабиллографическая платформа, обычно представляющая собой металлическую площадку, укрепленную на тонком стальном стержне. Если общий центр масс человека, стоящего на ней, не проецируется на центральную ось стержня, то под действием веса тела он деформируется: одна из граней сжимается, а другая, противоположная, растягивается. Эту деформацию испытывают тензосопротивления, наклеенные на каждую грань стержня.

Стабилография используется в тренажерах, предназначенных для разучивания упражнений на равновесие. Наряду с этим она позволяет проводить тестирование состояния нервной системы спортсмена, а в ряде случаев – фиксировать факт приема алкоголя и других возбуждающих средств.

Наибольшее распространение в спорте получили датчики ускорения, использующие тензоэффект и пьезоэффект (рис. 3). И в том, и в другом случае измеряется сила инерции, возникающая при ускорении или при торможении движущегося тела. Тензосопротивления или пьезокристаллические (керамические) пластинки наклеиваются на вертикальный упругий элемент. Ускорения вызывают его деформацию и изменение электрического потенциала на пьезодатчике или сопротивления тензодатчика.

Понятно, что один упругий элемент способен воспринимать ускорение лишь в одной плоскости. Для регистрации полного вектора ускорения (в трех плоскостях) в одной конструкции монтируют три одинаковых датчика и ориентируют их перпендикулярно друг к другу, подобно осям декартовых координат.

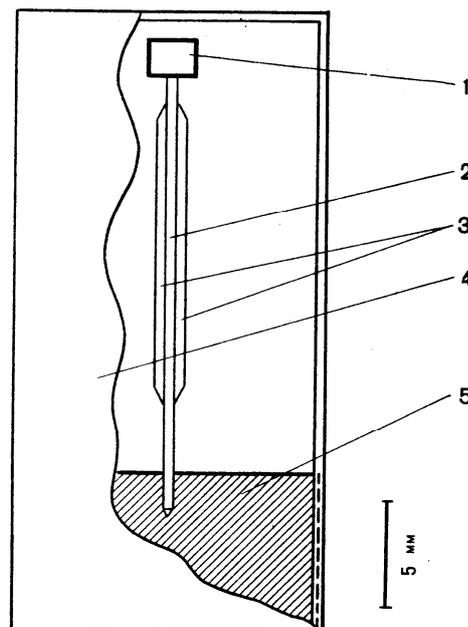


Рис. 3. Тензометрический датчик ускорения
1- груз, 2 – упругая металлическая пластина, 3 – тензосопротивление или пьезокристал, 4 – корпус, 5 - основание

Реакцию опоры при отталкивании можно измерить при помощи тензостелек и тензоплатформ. К сожалению, из-за того, что положению стопы при отталкивании меняется, при использовании тензостелек (их вкладывают в беговые туфли), трудно, а подчас и невозможно определить направление силы реакции опоры. Очень важно правильно выбрать место фиксации тензодатчиков. В гимнастике силоизмерительным элементом служат брусья, кольца, ручки коня и т. д. Тензорезистор наклеивается на упругий элемент, воспринимающий усилие, создаваемое спортсменом. Во время деформации упругого элемента происходит также деформация и наклеенного на него тензорезистора. При этом изменяются геометрические размеры проводников тензорезистора и его электрическое сопротивление.

В последнее время для повышения точности измерения и изучения характера усилия на основе тензодатчиков изготавливают кистевые и становые динамометры (рис. 4).

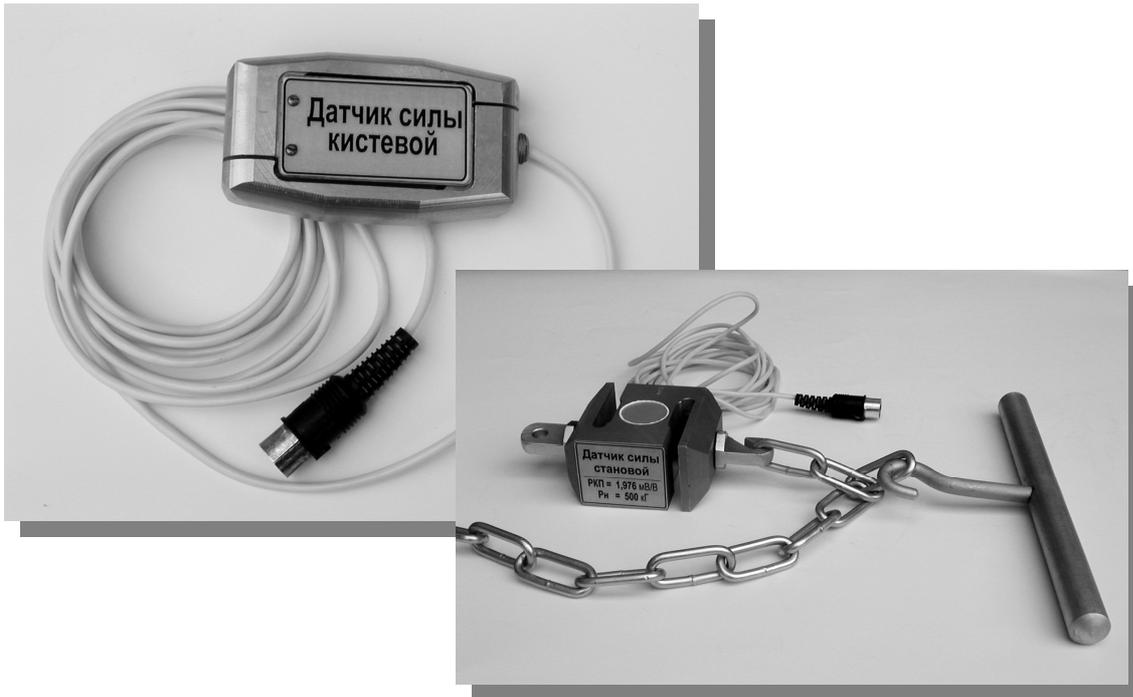


Рис. 4. Кистевой и становой динамометры

Перед началом измерений динамометрическую установку необходимо провести тарировку. Процесс тарировки состоит в том, что к силоизмерительному элементу прикладывают одно за другим разные усилия (от нуля до максимума) и регистрируют электрические сигналы, соответствующие разным значениям силы. Тарировка дает возможность при анализе тензометрических записей отсчитывать результат измерения непосредственно в единицах силы – ньютонах (Н).

В большинстве случаев тензометрическая аппаратура используется непосредственно для определения силовых характеристик движений и изучения на основе этих характеристик динамической структуры двигательных действий и эффективности выполнения движения в целом.

1.2. Тензометрические усилители

При измерении тензорезисторы обычно включаются в так называемую мостовую схему. Для уменьшения самой существенной для тензорезисторов температурной погрешности в соседнее плечо моста должен быть включен такой же преобразователь, помещенный в те же температурные условия, что и рабочий преобразователь, но не подвергаемый деформации. Снимаемые с мостовой схемы электрические сигналы весьма малы и не могут быть непосред-

венно зарегистрированы. Для усиления их, как правило, применяются специальные тензометрические усилители отечественного производства УТ-4-1 и УТ-6 «Топаз» (рис. 5), позволяющие одновременно усиливать сигналы нескольких мостовых силоизмерительных схем до уровня, достаточного для использования любого регистрирующего прибора. Отклонения линии записи регистрирующего прибора от своего начального положения пропорциональны усилию, создаваемому спортсменом.



Рис. 5. 10-канальный вариант тензоусилителя «Топаз»

В настоящее время отечественной промышленностью выпускается несколько типов современных тензометрических станций. На рисунке 6 представлена современная тензометрическая станция А17-Т8.



Рис. 6. Тензометрическая станция А17-Т8

Тензостанция предназначена для проведения измерений по многим каналам одновременно. Подключение тензостанции к компьютеру осуществляется по шине USB 2.0, по интерфейсу Ethernet или WiFi. Питание – от преобразователя сети напряжения 220 в 12 вольт, входящего в комплект поставки или от внешней аккумуляторной батареи 12 В. Питание также может осуществ-

вляться по линии Ethernet. Встроенный тензоусилитель позволяет подключать тензодатчики без использования промежуточных усилителей. Питание датчиков может осуществляться постоянным или переменным током.

Отличительной особенностью данного устройства является возможность решения широкого круга задач измерения сигналов и диагностики оборудования при небольших габаритах и малом весе. Связь с компьютером осуществляется по шине HighSpeed USB 2.0, интерфейсу Ethernet или WiFi. Сигналы измеряются и регистрируются с высокой точностью. Возможность обработки сигналов в реальном масштабе времени, а также обработки записанных временных реализаций. Тензостанция имеет возможность автономной работы в режиме регистрации сигналов на встроенный накопитель объемом до 2 Гб. В таблице 1 приведены ее основные технические характеристики.

Таблица 1

Основные технические характеристики тензометрической станции А17-Т8

Аналоговый вход	
Количество аналоговых входов	8 ... 128
Частотные диапазоны одновременно анализируемых сигналов	0...10, 0...100, 0...1 000, 0...20 000 Гц
Максимальное входное напряжение при единичном коэффициенте усиления	± 10 В
Программируемые коэффициенты усиления	20, 40, 60 дБ
Динамический диапазон	90 дБ
Идентичность каналов в полосе пропускания	0,1 %
Уровень собственных шумов во всей полосе пропускания при максимальном коэффициенте усиления, приведенный к входу	1 мкВ
Аналоговый выход	
Количество аналоговых выходов	1
Диапазон частот генерируемого синусоидального сигнала	0,03... 20 000 Гц
Предел допускаемой относительной погрешности установки частоты для диапазона 0...20 000 Гц	± 0,1 %

Количество разрядов ЦАП	16
Значение выходного напряжения по постоянному току	± 10 В
Пределы допускаемой погрешности установки выходного постоянного и переменного напряжения	$\pm (0,2 \% + 2 \text{ мВ})$
Коэффициент гармоник генерируемого синусоидального сигнала	0, 1 %
Цифровой вход/выход	
Цифровой вход	8 бит
Цифровой выход	8 бит
Тип логики цифрового входа/выхода	TTL
Дополнительные характеристики	
Объем встроенной энергонезависимой памяти	до 2 Гб
Время записи на встроенный накопитель по всем каналам при максимальной частоте	14 часов
Скорость обмена по шине HighSpeed USB 2.0	480 Мбит/с
Габаритные размеры	160 x 270 x 70 мм
Вес	1 кг

Основные функции тензометрической станции:

- подключение тензорезисторов по мостовой, полумостовой и четвертьмостовой схемам;
- подключение тензодатчиков по 6-проводной, 4-проводной и 2-проводной линиям;
- номиналы сопротивлений от 50 до 1000 Ом;
- питание тензодатчика может осуществляться постоянным или переменным напряжением;
- тарировка измерительного канала производится индивидуально или по группе каналов;
- преобразование сигналов от тензодатчика по тарировочным таблицам;
- регистрация всех измерительных каналов на встроенный накопитель;

- отображение преобразованных сигналов входных каналов в зависимости от времени (режим шлейфового осциллографа);
- параметрическое отображение сигналов в виде фигуры Лиссажу;
- спектральный анализ входных сигналов;
- генерация сигналов различной формы, амплитуды и частоты.

В большинстве случаев тензометрическая аппаратура используется непосредственно для определения силовых характеристик спортивных движений и изучения на основе этих характеристик динамической структуры двигательных действий и эффективности движений в целом.

1.3. Тензометрические датчики

Тензодатчик (лат. *tension* – напрягаю) – это прибор, предназначенный для измерения физического состояния металла. Тензодатчики применяются для измерения растяжения, сжатия или сдвига, для тестирования механизмов и проведения мониторинга систем (рис. 1).

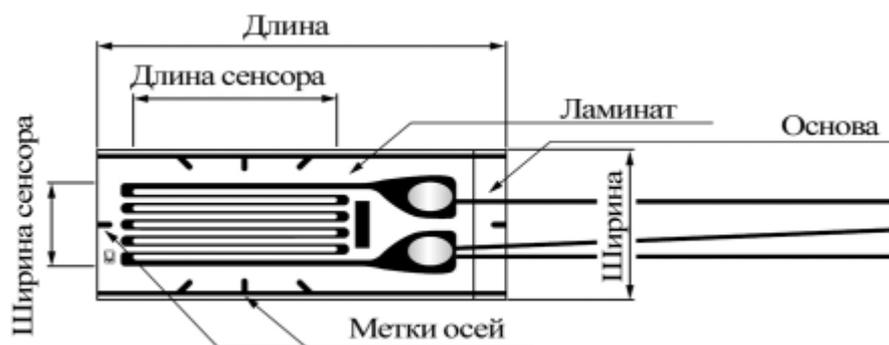


Рис. 1 Тензорезистивный датчик

Они представляют собой заклеенную между двумя полосками бумаги или полимерной пленки и уложенную зигзагообразно проволоку диаметром 0,02-0,05 мм (проволочный тензорезистор) или таким же образом заклеенную и уложенную полоску фольги (фольговый тензорезистор). Некоторые виды тензодатчиков представлены на рисунке 7.

Тензоэффект, который лежит в основе работы тензорезисторов, заключается в изменении сопротивления резистора (проволоки) под действием