



**Сотский Н.Б.**, канд. пед. наук, доцент  
(Белорусский государственный университет физической культуры)

## КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИЛОВОЙ ТРЕНИРОВКИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФРИКЦИОННЫХ ТРЕНАЖЕРОВ СО МНОГИМИ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

В статье представлена новая концепция развития силовых способностей, основанная на использовании фрикционных тренажеров со многими степенями свободы. Анализируются основные предпосылки создания данной тренажерной технологии, в том числе системные недостатки традиционных технических средств силовой тренировки, показана возможность их устранения благодаря использованию пространственных шарнирно-рычажных диссипативных систем для обеспечения тренировочной нагрузки.

**Ключевые слова:** тренировка силы; концепция; фрикционный тренажер; степени свободы.

### CONCEPTUAL MODEL OF STRENGTH TRAINING BASED ON THE USE OF FRICTION EXERCISERS WITH MULTIPLE DEGREES OF FREEDOM

The article presents a new concept of strength development based on the use of friction exercisers with multiple degrees of freedom. Basic prerequisites for this exerciser technology creation, including systemic drawbacks of traditional technical means of strength training, are analyzed, and the ways of their improvement by using spatial hinge-lever dissipative systems for providing training load are demonstrated.

**Keywords:** strength training; concept; friction exerciser; degrees of freedom.

### Введение

Проблема эффективной силовой тренировки имеет непреходящую актуальность как в спорте, так и при занятиях физическими упражнениями с оздоровительной направленностью. При этом постоянно происходит совершенствование технологий такой тренировки как с методической точки зрения, так и в отношении используемого для этой цели тренажерного оборудования. В последнее время важность эффективного решения вопросов, связанных с силовой тренировкой на основе тренажерного оборудования, приобретает особый смысл с учетом повсеместной активной борьбы с допингом.

Традиционно принцип использования тренажерного оборудования для силовых упражнений представляет собой создание искусственной связи биокинематических цепей человека между собой или с опорой через техническое средство, которое обеспечивает сопротивление изменению конфигурации такого замкнутого контура [1]. Для обеспечения нагрузки в технических конструкциях используются силы механического характера. Это – силы тяжести поднимаемого груза, инерции, упругости и силы диссипативного характера (вязкое сопротивление и трение).

Проведенное нами ранее исследование биомеханической конструктивной эффективности таких технических устройств [2] выявило ряд принципиальных проблем использования тренажерного оборудования в качестве средства, позволяющего подготовить мышцы человека к реальным пространственным движениям, имеющим место как в спорте, так и в повседневной жизни. В первую очередь это чрезмерно искусственное жесткое выделение конструкции технического устройства одной степени свободы движения (поступательной или вращательной), обеспеченной тренировочным сопротивлением, не позволяющее обеспечить эффективное сочетание таких составляющих биомеханической структуры реальных двигательных действий, как управляющие движения и элементы осанки.

Другими проблемами использования традиционного оборудования для силовой тренировки оказались неконтролируемая инерционность и необходимость рассеивания механической энергии, циркулирующей в ходе выполнения физических упражнений.

В работе [3] нами было выявлено перспективное направление дальнейшего совершенствования тренажерных технологий, связанное с использова-

нием сил диссипативного характера, и перспективой создания пространственного поля указанных сил, которое могло бы составить основу новой концепции силовой тренировки.

**Цель** данной работы – представление новой концепции развития силовых способностей на основе использования фрикционных тренажеров со многими степенями свободы.

### Основная часть

Силовая тренировка, с точки зрения современной биомеханики спортивных движений, может быть определена как регламентированное изменение позы занимающегося при искусственном затруднении выполнения суставных движений [4, 5]. Оно создается путем замыкания биокинематических цепей человека через техническое устройство на опору в стационарных тренажерных системах или между собой при использовании портативных тренажеров.

Если представить указанные цепи как последовательность сочлененных в шарнирах твердых звеньев, а сами звенья – в виде векторов (рисунок 1), то пространственное положение любого ее сочленения может быть записано через его радиус-вектор  $\vec{r}_j$  в виде:

$$\vec{r}_j = \sum_{i=1}^{j-1} \vec{r}_i \quad (1)$$

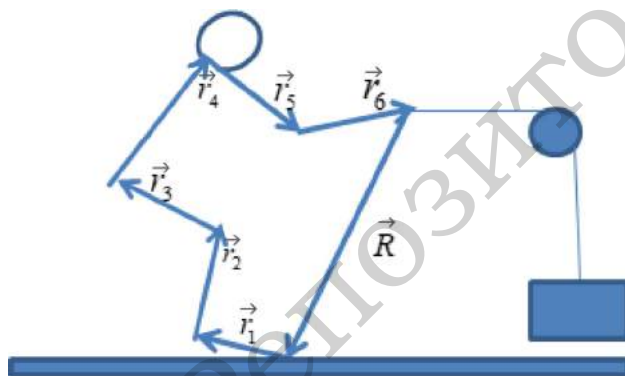


Рисунок 1. – Схема замыкания биокинематических цепей при использовании технического устройства

Если добавить в цепь новое звено  $\vec{R}$ , шарнирно связанное с опорой, то произойдет замыкание цепи. В таком случае, учитывая свойства n-звенной замкнутой цепи, можно получить выражение для указанного вектора-замыкателя в виде:

$$\vec{R} = \sum_{i=1}^{i=n} \vec{r}_i \quad (2)$$

Следует отметить, что в качестве замыкателя могут использоваться объекты различной природы: твердое звено, многозвенный механизм, упругий элемент, механизм с собственным источником

энергии, а также различное их сочетание. Если представить вектор-замыкатель  $\vec{R}$  в виде линейного стержня, который характеризуется длиной и пространственной ориентацией (три угла Эйлера), то изменение этих параметров в замкнутой цепи происходит в результате вариаций формы остальной ее части (биокинематической) и должно сопровождаться сопротивлением со стороны механизма замыкателя. Иными словами, параметры вектора  $\vec{R}$  и тренировочное сопротивление определяются конфигурацией биокинематической части цепи:

$$\vec{R} = \sum_{i=1}^{i=n} r_i(\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, t), \quad (3)$$

где  $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, t$  – соответственно Эйлеравы углы пространственной ориентации звеньев тела тренирующегося и время.

При использовании традиционных средств силовой тренировки пространственное изменение вектора  $\vec{R}$ , как правило, происходит по одному из его параметров. Такие особенности имеют грузы, вызывающие сопротивление гравитационного и инерционного характера, упругие элементы, конструкции, использующие диссипативные силы [6–10]. Здесь имеет место однокоординатное (одномерное) сопротивление нагрузочного элемента, будь то поднимаемый груз, упругий элемент или гидравлический поршень.

Наиболее распространенные силы, используемые в обеспечении тренировочной нагрузки, это силы тяжести и упругости. В первом случае в ходе выполнения упражнения необходимо, чтобы отягощение (груз) перемещалось по вертикали на некоторое расстояние. Характерной особенностью использования силы тяжести здесь является отсутствие зависимости ее величины от амплитуды выполняемого движения, хотя при решении специфических задач иногда обеспечивают зависимость усилия от амплитуды, используя рычаги овальной или эллиптической формы. Все эти задачи вполне успешно решаются в рамках технической механики. Перечисленные особенности использования силы тяжести, несомненно, являются ее достоинствами, к числу которых следует добавить и относительную простоту конструкций, а также удобную регулировку тренировочной нагрузки.

Вместе с тем очевидны и некоторые принципиальные недостатки таких тренажеров. Это значительный вес и габариты. Принципиальным является вопрос накопления энергии конструкцией устройства. Так, выполнив движение, сопровождающееся подъемом груза, тренирующийся перед повторной попыткой должен рассеять потенциальную энергию, накопленную поднятым грузом.

Это рассеивание осуществляется через его опорно-двигательный аппарат, что часто, особенно при выполнении упражнений специального характера, является нежелательным, поскольку значительно изменяет динамическое соответствие (Ю.В. Верхованский [11]) данной нагрузки и соревновательно-го движения.

Кроме того, при использовании описываемых устройств и свободных грузов заметное значение приобретает действие сил инерции, затрудняющих точную дозировку тренировочного упражнения. Например, при поднимании штанги, имеющей массу 200 кг и разгоняемой спортсменом с ускорением  $3 \text{ м/с}^2$ , к силе тяжести в 2000 Н добавляется сила инерции в 600 Н. Иными словами, нагрузка в таком случае увеличивается почти на 30 %, и это весьма сложно объективно учесть.

При использовании сил упругости особенностью является зависимость усилия от величины деформации упругого элемента (закон Гука), при этом нагрузка тренировочного упражнения возрастает пропорционально амплитуде движения. Здесь максимум силовых затрат приходится на конечную часть движения, в то же время в большинстве спортивных движений максимум преодолеваемого усилия приходится на его начало. Это характерно для действия рук, например, при броске или толчке снаряда, где максимальная нагрузка приходится на начало движения (максимальное ускорение снаряда) с последующим уменьшением. При использовании устройств, аналогичных пружинному эспандеру, зависимость усилия от амплитуды имеет прямо противоположный характер. В связи с этим напрашивается логичный вывод о том, что кистевые эспандеры и тренажеры пружинного типа чаще всего вызывают тренировочный эффект общего характера, не вполне соответствующий специфике спортивного или трудового движения, а это затрудняет образование и закрепление навыков выполнения двигательных действий. В то же время следует отметить, что несомненным достоинством тренажерных и тренировочных устройств пружинного типа являются низкая материалоемкость, возможность изготовления переносных и портативных конструкций.

В последнее время популярность завоевывают тренировочные устройства, использующие силы диссипативного характера. Это силы сопротивления движению в вязкой среде и силе трения. При использовании сил вязкого сопротивления, как правило, в конструкцию устройства вводится силовой узел, действие которого основывается на сопротивлении жидкости или газа при его перекачке между резервуарами или между резервуаром и внешней средой. Достоинством таких устройств является отсутствие необходимости рассеивания энергии, об-

разующейся при выполнении физического упражнения. Здесь выполняемая работа изменяет тепловую энергию силового узла и не требует дополнительных действий по ее рассеиванию при осуществлении повторных движений. Важной особенностью в данном случае является зависимость силы сопротивления от скорости выполняемого движения. Отсутствие контроля скорости ухудшает точность дозировки устанавливаемой нагрузки, хотя в некоторых случаях обеспечивает соответствие усилия соревновательному, что является положительным фактором. Например, в плавании и гребле усилие, прилагаемое к гребущему звену, существенно зависит от скорости выполняемого движения, и применение описываемого нагрузочного элемента может иметь существенное преимущество по отношению к другим вариантам обеспечения тренировочной нагрузки.

При использовании силы сухого трения характерной чертой является слабая зависимость усилия сопротивления от относительной скорости скользящих друг по отношению к другу объектов, а также, как и в предыдущем случае, отсутствие необходимости рассеивания энергии. Последняя автоматически переходит в тепловую. Кроме того, при наличии силы трения следует учитывать существенное различие между двумя ее проявлениями в виде трения-покоя и трения-скольжения. Первая всегда существенно выше второй и при выполнении действия, при котором происходит переход от трения-покоя к трению-скольжению, наблюдается изменение сопротивления в сторону уменьшения.

Отметим, что при выполнении движений, связанных с разгоном спортивных снарядов или звеньев тела, выполняющих ударные действия, максимальное усилие имеет место в начале движения (при переходе от покоя к движению). Здесь имеется аналогия в рассматриваемых процессах, что, в свою очередь, позволяет говорить о перспективе использования сил трения при построении специфических силовых упражнений.

Традиционно создание новых тренажеров и тренировочных устройств в большинстве случаев велось путем постепенного усложнения конструкций, при этом чаще всего неизменным правилом было выделение конструктивным путем одной степени свободы для нагружаемого движения. Это, на наш взгляд, в заметной степени лишает последнее естественности, при которой обеспечение выполнения движения, соответствующего необходимой степени свободы, осуществляется действием мышечных групп. Поэтому при использовании большинства тренажерных устройств появляются принципиальные проблемы, связанные с реализацией «натренированных» в таких условиях движений при

выполнении естественных двигательных действий в спорте или повседневной жизни. Они связаны с чрезмерной искусственностью тренировки, когда режим работы мышц, обеспечивающих суставные движения (особенно это касается таких суставов, как тазобедренный, плечевой, лучезапястный, суставы позвоночника, позволяющих реализовывать движения с несколькими степенями свободы) существенно отличается от имеющего место в реальных условиях двигательной активности.

Так, при выполнении двигательного действия в суставе необходимая степень свободы выделяется с помощью соответствующих мышечных групп. Если в качестве примера рассмотреть любое из движений сгибательно-разгибательного типа в одной плоскости, то оно обеспечивается мышцами, которые удерживают оба сочлененных звена в указанной плоскости при одновременной активности других мышц этого сочленения, осуществляющих собственно движение. При использовании традиционных тренажерных устройств чаще всего первое из перечисленных действий жестко обеспечивается механической системой и тем самым отключает естественную форму мышечных действий при движении в суставе.

В результате таких традиционных подходов, как было показано в нашем специальном исследовании [12], современные тренажерные системы для силовой тренировки оказались сконструированными таким образом, что взаимодействие звеньев тела человека с опорой или между собой допускает возможность обеспечения сопротивления только для линейных и плоскостных движений. Это создает проблемы соответствия режимов тренировки условиям естественных движений человека в спортивной или трудовой деятельности, которые, как правило, имеют пространственную структуру. В результате можно сделать вывод о том, что существующие устройства силовой тренировки способны воздействовать лишь на отдельно вычлененные двигательные фрагменты, имеющие линейный или плоский характер. Следует также отметить отсутствие в данном случае возможности тренировки мышечных групп, в естественных условиях обеспечивающих линейность или плоскостность движения звеньев тела тренирующегося (элементы осанки), поскольку указанные направления в большинстве силовых тренажеров жестко задаются конструкцией тренажера. Одновременно, особенно при использовании в ходе тренировки свободных весов, возникают вопросы, связанные с необходимостью снижения неконтролируемых инерционных силовых взаимодействий, а также рассеяния энергии, отнимаемой у тренирующегося в ходе выполнения упражнений.

Как было показано нами в упомянутом выше исследовании [12], для эффективной тренировки мышц, обеспечивающих реализацию элементов осанки и пространственных управляющих движений, перспективны тренажерные устройства инновационного типа, обладающие возможностью нагружать одновременно несколько степеней свободы каждого из суставных движений, невысокой инерционностью (массой перемещаемых частей) и свойством эффективно рассеивать накопленную при выполнении упражнений энергию.

Принципиальное решение указанной проблемы может быть получено в результате формирования замыкания выбранных биокинематических цепей тела человека, как между собой, так и с опорой через регулируемое средство задания нагрузки, которое обеспечивает сопротивление изменению трехмерной пространственной конфигурации созданной таким образом замкнутой цепи. Это может быть осуществлено путем размещения между ее элементами имитатора кинематической цепи с регулируемым сопротивлением изменению ее формы. В качестве наиболее очевидных имитаторов могут быть партнер, оказывающий сопротивление движениям тренирующегося, вязкая среда или механическое устройство. При этом обязательным условием должно быть наличие не менее 6 степеней свободы для относительного движения его крайних звеньев, взаимодействующих с человеком, что позволило бы снять ограничения на любые относительные пространственные перемещения указанных звеньев по отношению друг к другу, естественно, в пределах конструктивной доступности.

В случае использования действий партнера, создающего необходимое сопротивление любым движениям тренирующегося через действия мышц, создающих сопротивление изменению суставных углов, можно обеспечить нагрузкой практически любое движение тренирующегося, включающее использование одновременно всех доступных степеней свободы суставных движений. Сложность такого способа замыкания биокинематической цепи вполне очевидна и заключается в субъективности задания нагрузки и сложности ее дозирования.

В случае помещения тренирующегося в вязкую среду, которая может служить средством замыкания биокинематических цепей с опорой, одновременно являясь средством создания нагрузки, любое пространственное движение будет испытывать вязкое сопротивление. Тем не менее регулировка силовой нагрузки в данном случае очень сложно поддается нормированию, поскольку она существенно зависит от скорости движения звеньев в ходе изменения конфигурации биокинематических цепей и площадей их сечения. Кроме этого, для силовых упражнений

требуется среда со значительной вязкостью. Здесь имеются очевидные технические проблемы создания таких тренировочных камер, выбор используемой вязкой среды. Очень сложно обеспечить также соответствие гигиеническим требованиям, особенно если такое устройство используется несколькими тренирующимися или массово.

Третий из указанных способов обеспечения нагрузки в традиционных вариантах использования механических систем имеет существенные ограничения в отношении пространственных характеристик упражнений, а также невысокие значения других показателей биомеханической конструктивной эффективности. Поэтому, на наш взгляд, механический замыкатель биокинематических цепей должен быть реализован на основе пространственного шарнирно-рычажного механизма. Такое устройство имитатора биокинематической цепи может быть сконструировано из связанных между собой твердых звеньев, которые должны иметь, как было уже сказано, не менее шести степеней свободы движения относительно друг друга. Минимальное количество звеньев для обеспечения такой возможности – три, причем связаны они должны быть шарнирами, имеющими по три степени свободы. Принципиальная схема такого устройства приведена на рисунке 2.

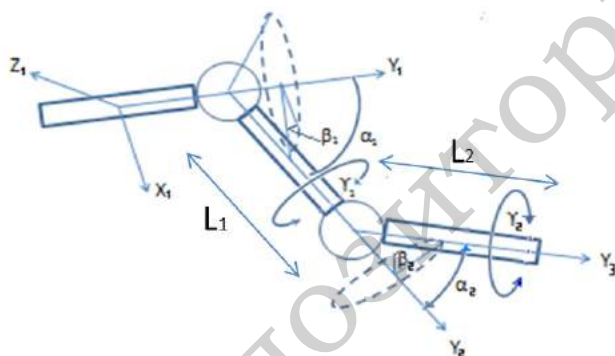


Рисунок 2. – Схема трехзвенного рычажно-шарнирного замыкателя биокинематических цепей ( $\alpha$ ,  $\beta$ , и  $\gamma$  обозначены степени свободы для относительного движения крайних звеньев,  $L_2$  и  $L_3$  – длины второго и третьего звеньев)

Если не учитывать ограничения, накладываемые на шарниры по амплитуде, то представленная конструкция позволяет перемещать крайние точки одного из звеньев относительно центра шарнира другого по любой траектории, ограниченной с одной стороны сферой с диаметром  $R$ , равным сумме длин второго и третьего звеньев ( $R = L_2 + L_3$ , рисунок 2, 3), а с другой – их разностью ( $r = L_2 - L_3$ ).

В реальном случае диапазон движений ограничивается конструкцией шарниров и область допустимых относительных положений звеньев оказы-

вается несколько меньше. Зависимость возможного расстояния  $S$  крайней точки последнего звена относительно центра первого шарнира может быть представлена в виде следующей формулы:

$$S = \sqrt{\left(\sum_i L_i \cos\left(\sum_{j=1}^i \alpha_j\right)\right)^2 + \left(\sum_i L_i \sin\left(\sum_{j=1}^i \alpha_j\right)\right)^2}, \quad (5.12)$$

где  $L_i$  – длины звеньев, нумерация которых ведется от первого шарнира;  $\alpha_i$  – значения углов, начиная с первого шарнира, образованных продольными осями сочлененных звеньев (рисунок 3).

Максимальная величина данного параметра имеет место при полностью выпрямленной конструкции, нижняя граница определяется достижением максимально возможных значений углов между продольными осями звеньев, сочлененных в каждом шарнире. Максимальный диапазон движений имеет место при возможности достижения нулевого значения параметра  $S$ , что может быть получено в случае использования трех и более шарниров. При этом чем большее количество шарниров используется, тем меньше требования к амплитуде движения в каждом из них. Соответствующий подбор длин звеньев и конструкции шарниров с учетом ограниченности пространственной амплитуды движений человека позволяет обеспечить нагрузкой большинства его движений.

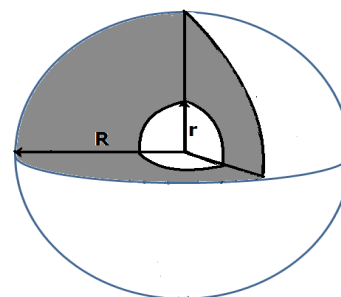


Рисунок 3. – Диапазон перемещения конечной точки одного из крайних звеньев относительно оси шарнира другого крайнего звена (выделен серым цветом)

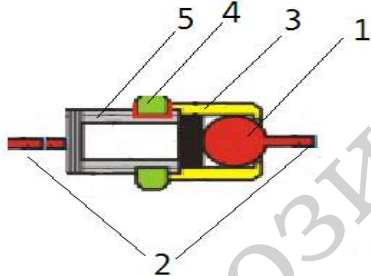
Таким образом, для использования трехзвенного шарнирно-рычажного имитатора биокинематической цепи в качестве нагрузочного устройства необходимо обеспечить сопротивление изменению одновременно шести углов Эйлера в двух шарнирах. Описанный вариант обеспечения нагрузки пространственных движений человека является базовым, создающим необходимые условия организации тренировки, однако амплитудные ограничения изменения углов, связанные с конструктивными возможностями шарниров, в представленной трехзвенной системе в какой-то степени сокращают пространственный диапазон тренировочных упражнений. Для решения этой проблемы, как было ука-

зано выше, следует увеличить количество звеньев и шарниров в цепи имитатора.

Показанная возможность замыкания биокинематических цепей человека между собой или на опору с помощью пространственных шарнирно-рычажных систем дает принципиальную основу для конструирования конкретных нагрузочных устройств со многими степенями свободы.

Другие требования к развиваемой тренажерной технологии, связанные с обеспечением возможности эффективного использования шарнирно-рычажного имитатора биокинематической цепи в качестве силового тренажера (снижение инерционности, рассеивание энергии, регулировка нагрузки, удобство взаимодействия со звеньями тела человека), могут быть решены известными стандартными методами.

Так, регулировку сопротивления изменению углов Эйлера, определяющих взаимную ориентацию звеньев, можно осуществить, изменяя степень зажима шарнира (рисунок 4). При использовании сферического шарнира все три степени свободы обеспечиваются нагрузкой одновременно. Это позволяет легко регулировать сопротивление, возникающее при пространственной деформации рычажного имитатора биокинематической цепи. В аналогичной конструкции в случае двух шарниров и шести степеней свободы необходимо обеспечить только две регулировки.



1 – шар; 2 – стержни; 3 – гайка; 4 – фиксатор;  
5 – резьбовая втулка

Рисунок 4. – Принципиальная схема сферического шарнира с регулируемым сопротивлением

Снижение инерционности устройства достигается уменьшением массы звеньев за счет использования для изготовления элементов конструкции трубчатых форм из легких материалов. Поглощение энергии в предложенной конструкции осуществляется автоматически, поскольку затруднение движений шарниров реализуется диссипативными силами, в частности трением. Использование силы трения для обеспечения сопротивления изменению конфигурации рассматриваемой конструкции, на наш взгляд, представляется весьма удобным не только с точки зрения рассеивания энергии, но и в отношении регулировки нагрузки. Здесь важно от-

метить такие свойства силы трения, как слабая зависимость ее величины от скорости, и практическое отсутствие влияния на нее амплитуды движения в шарнире [13].

При конструировании тренажеров со многими степенями свободы важным является требование размещения средств обеспечения нагрузки в самих шарнирах, поскольку любые внешние варианты создания нагрузки, как указывалось выше, приводят к существенному сокращению степеней свободы суставных движений. Конструктивным решением здесь может быть осуществление управления степенью зажима шарнира, которая может регулироваться с помощью винтовых соединений или электро-механических приводов.

Средства взаимодействия устройств со звеньями тела человека или опорой могут быть различными в зависимости от их типа. Это рукоятки различной формы, служащие для удобного захвата их пальцами рук или ног, специальные приспособления в виде валиков, позволяющие обеспечить контакт с другими звеньями тела. В целом осуществление удобного взаимодействия не представляет технических сложностей и может быть обеспечено любым традиционным способом [7, 9].

Таким образом, проведенные исследования, связанные как с аналитическими вопросами описания кинематических и динамических особенностей анализа двигательных действий человека, так и с анализом существующих тренажерных систем силовой направленности, позволили принципиально обосновать новую концепцию построения силовых тренажеров, основанную на замыкании биокинематических цепей тренирующегося между собой или на опору, путем использования в качестве замыкателя имитатора биокинематической цепи в виде рычажно-шарнирного механизма со многими степенями свободы и фрикционным механизмом обеспечения тренировочной нагрузки.

В рамках указанной концепции для эффективного создания тренировочной нагрузки при выполнении сложных пространственных движений шарниры такой цепи должны обеспечивать несколько степеней свободы для сочлененных в нем звеньев и иметь устройство регулировки сопротивления, расположенное в каждом шарнире. При этом для создания действенной силовой нагрузки, эффективного рассеивания энергии устройства и регулировки сопротивления должны использоваться диссипативные силы, в частности, сила трения, а звенья механизма для удобства использования могут быть снабжены устройствами для взаимодействия со звеньями тела тренирующегося или опорой.

**Выводы**

1. Силовое упражнение, использующее техническое средство, представляет собой изменение позы тренирующегося с искусственно создаваемыми затруднениями путем замыкания биомеханических цепей между собой или на опору через специальное устройство, обеспечивающее указанное затруднение.

2. Техническое устройство, используемое для обеспечения тренировочного сопротивления, может быть представлено в виде вектора-замыкателя, длина и пространственная ориентация которого определяется позой (суставными углами) тренирующегося и изменение этих параметров вектора-замыкателя сопровождается возникновением сил сопротивления.

3. Концептуально устройство замыкания биомеханических цепей для выполнения силовых упражнений, обеспечивающих движения одновременно в нескольких суставах, может быть реализовано в виде имитатора биомеханической цепи человека, представляющего собой шарнирно-рычажное устройство, имеющее не менее двух степеней свободы относительного перемещения крайних звеньев и использующее сферические шарниры с регулировкой сопротивления расположенной в самом шарнире.

4. Устройство для силовой тренировки в соответствии с предложенной концепцией должно использовать фрикционный способ создания тренировочного сопротивления с системой его регулировки, расположенной в каждом шарнире, и применять в конструкции звенья достаточной прочности, обладающих минимальной массой.

Н. Б. Сотский // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету ім. Т. Г. Шевченка. Сер. Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт ; гол. ред. М. О. Носко. – Чернігів, 2015. – Вип. 129. – Т. 2. – С. 63–67.

2. Сотский, Н. Б. О числовых показателях биомеханической эффективности технических средств развития физических качеств спортсмена / Н. Б. Сотский // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету ім. Т. Г. Шевченка. Сер. Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт ; гол. ред. М. О. Носко. – Чернігів, 2017. – Вип. 147. – Т. 1. – С. 195–199.

3. Сотский, Н. Б. О перспективе фрикционных тренажеров со многими степенями свободы / Н. Б. Сотский // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету ім. Т. Г. Шевченка. Сер. Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт ; гол. ред. М. О. Носко. – Чернігів, 2014. – Вип. 118. – Т. 2. – С. 58–63.

4. Сотский, Н. Б. Биомеханика : учеб. для студентов специальности «спортивно-педагогическая деятельность» / Н. Б. Сотский. – Минск : БГУФК, 2005. – С. 59–60.

5. Сотский, Н. Б. Кинематика и динамика выполнения упражнений на стационарных силовых тренажерах / Н. Б. Сотский // Наука и техника. – 2014. – № 4. – С. 87–94.

6. Ратов, И. П. Двигательные возможности человека. Нетрадиционные методы их развития и восстановления / И. П. Ратов. – Минск, 1994. – 190 с.

7. Скрипко, А. Д. Технологии в физической культуре и спорте : учеб.-метод. пособие / А. Д. Скрипко ; науч. ред.: М. Б. Юспа. – Минск, 2001. – 124 с.

8. Теория и методика физического воспитания : учеб. для ин-тов физ. культуры ; под общ. ред. Л. П. Матвеева и А. Д. Новикова. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФиС, 1976. – Т. 2. – 304 с.

9. Юшкевич, Т. П. Тренажеры в спорте / Т. П. Юшкевич, В. Е. Васюк, В. А. Буланов. – М. : Физкультура и спорт, 1989. – 320 с.

10. Strength and power in sport / ed. Paavo V. Komi. – 2nd ed. – 2002. – Vol. III. – 544 p.

11. Верхошанский, Ю. В. Основы специальной физической подготовки спортсменов / Ю. В. Верхошанский. – М. : Физкультура и спорт, 1988. – 330 с.

12. Сотский, Н. Б. Кинематика и динамика выполнения упражнений на стационарных силовых тренажерах / Н. Б. Сотский // Наука и техника. – 2014. – № 4. – С. 87–94.

13. Хайкин, С. Э. Физические основы механики / С. Э. Хайкин. – М. : Наука, 1971. – 751 с.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Сотский, Н. Б. Фрикционные тренажеры со многими степенями свободы : кинематика и динамика (теоретический аспект) /

30.08.2018

Грузинский государственный учебный университет физического воспитания и спорта

**XXII Международный научный конгресс  
«ОЛИМПИЙСКИЙ СПОРТ И СПОРТ ДЛЯ ВСЕХ»**

25–28 октября 2018 года, г. Тбилиси

Данный конгресс традиционно имеет патронат Международного олимпийского комитета и ежегодно проводится в разных странах мира на базе ведущих национальных университетов физического воспитания и спорта. XXII конгресс «Олимпийский спорт и спорт для всех» в Тбилиси будет приурочен к празднованию 80-летия со дня основания Грузинского государственного учебного университета физического воспитания и спорта.

**Контакты:**

E-mail: [info@sportuni.ge](mailto:info@sportuni.ge)  
 Вебсайт <http://www.sportuni.ge>  
 Телефон +995 32 225 00 40 +995 32 225 00 78  
 Мобильный номер (+995 599) 582 662 (+995 577)77 7 900  
 Адрес: 0162, Тбилиси, пр. Чавчавадзе, 49.