

## О ПЕРСПЕКТИВЕ ФРИКЦИОННЫХ ТРЕНАЖЕРОВ СО МНОГИМИ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

*В статье анализируется новый подход к организации силовой тренировки с использованием фрикционных тренажеров со многими степенями свободы. Тренажеры представленного типа позволяют обеспечить тренировочной нагрузкой любые пространственные движения человека при минимальной инерционности и эффективном рассеивании энергии.*

**Ключевые слова:** тренажер, трение, шарниры, степени свободы, силовое упражнение

**Постановка проблемы. Анализ последних источников и публикаций.** В ходе жизнедеятельности человека важнейшее значение имеют двигательные возможности рук. Они необходимы для успешного осуществления физического труда и решения повседневных бытовых вопросов, но особенно ярко требования к мышцам рук проявляются при осуществлении спортивных движений.

Особенностью функционирования указанных элементов двигательного действия в большинстве видов деятельности является ярко выраженная статическая или уступающая работа мышц. В спорте это характерно для приемов спортивной борьбы, выполнение которых немислимо без надежного захвата; для завершающей части ударного действия в боксе, волейболе, хоккее; при отбивании мяча вратарями, при амортизации во время падения или столкновения с соперником и для множества других ситуаций, возникающих при выполнении физических упражнений.

В процессе выполнения двигательного действия ограничение подвижности в том или ином сочленении, необходимое для успешного выполнения физического упражнения называется элементом осанки [1]. Совокупность элементов осанки образует из опорно-двигательного аппарата человека механизм для достижения цели упражнения, и нарушение указанных составляющих двигательного действия, естественно, приводит к невозможности его эффективного функционирования. Конструкция, образованная элементами осанки при выполнении физического упражнения подвергается достаточно сложным по характеру силовым воздействиям. Кроме мышечных сил практически в каждом сочленении действуют и сила тяжести и четыре вида силы инерции (реактивные силы) поэтому ограничение подвижности в суставе при выполнении большинства спортивных движений представляется весьма непростой задачей.

Для эффективного осуществления элементов осанки мышцы, обеспечивающие сопротивление внешним воздействиям, должны быть соответствующим образом подготовлены. При этом их физические возможности должны иметь запас, который особенно важен при непредвиденных ситуациях или физических воздействиях со стороны соперников или окружающих объектов.

В соответствии с рекомендациями теории и методики физической культуры, принципом динамического соответствия [2], тренировка мышц, обеспечивающих выполнение элементов осанки, должна происходить в режимах, соответствующих выполнению двигательного действия. Иными словами, мышцы рук, обеспечивающие лучезапястные суставы и суставы пальцев рук для выполнения значительного числа двигательных действий должны тренироваться в статических и уступающих режимах.

До настоящего времени обеспечение таких режимов для тренировки рук включало ограниченный круг упражнений. Это, в первую очередь, выполнение самих двигательных действий или их фрагментов в утяжеленных условиях, а также упражнений со свободными весами. В первом случае тренировочное воздействие существенно изменяет технику двигательного действия, и движение лишь по внешним признакам напоминает соревновательное, существенно отличаясь от него в силовом проявлении. Тренировочный эффект, несомненно, имеет место, но "заточен" под другую технику исполнения и его использование в стандартных соревновательных условиях становится весьма проблематичным.

Применение свободных весов сопровождается сложностями в отношении соблюдения принципа динамического соответствия в связи с инерционностью применяемых снарядов и необходимостью рассеивания энергии, которую снаряд набирает в ходе разгона. Например, при выполнении упражнения, нагружающего мышцы, обеспечивающие ротационные движения предплечья и кисти (супинация-пронация) с использованием гантели или гири при необходимости увеличения нагрузки приходится увеличивать массу отягощения, что приводит к заметному снижению амплитуды, поскольку резко возрастают силы инерции, пропорциональные массе и ускорению. В такой ситуации очень сложно контролировать ускорение отягощения, что приводит к неопределенности дозировки силовой нагрузки. Кроме этого, при достижении разгона отягощение становится источником кинетической энергии, которую необходимо рассеивать для осуществления повторных движений выполняемой серии упражнений. Рассеивание здесь может происходить, как правило, через опорно-двигательный аппарат тренирующегося и приводит к существенным отклонениям динамических параметров упражнения от показателей, соответствующих соревновательному режиму.

Тренировка мышц, обеспечивающих элементы осанки с использованием стационарных тренажерных комплексов также весьма проблематична. Здесь кроме указанных выше сложностей, связанных с инерционностью и необходимостью рассеивания энергии возникает еще одна проблема, которая заключается в том, что большинство стационарных тренажеров жестко (благодаря конструкции) выделяют для обеспечения нагрузки одну степень свободы (движение в одном направлении). При этом перемещение становится возможным только в одной плоскости, отклонения от которой не допускаются конструкцией. Во время естественного выполнения упражнения сохранение плоскости движения обеспечивается статическим напряжением соответствующих мышц (элемент осанки). При использовании традиционных силовых тренажеров указанные мышцы исключаются из тренировочного процесса и при выполнении реальных двигательных действия часто оказываются неспособными к противодействию возникающим нагрузкам.

Таким образом, для эффективной тренировки мышц, обеспечивающих реализацию элементов осанки, были востребованы тренажерные устройства нового типа, обладающие невысокой инерционностью (массой), необходимостью рассеивания накопленной конструкцией энергии, возможностью не исключать из работы группы мышц, обеспечивающих сохранение необходимого направления перемещения звеньев тела.

**Результаты исследования.** Прототип такого устройства был создан в 1987 году [3]. Это тренажер, имеющий несколько степеней свободы с фрикционным характером обеспечения сопротивления в процессе силовой работы. В последующие годы было налажено производство тренажера, а проведенные затем научные и опытно-конструкторские работы позволили его существенно модифицировать в плане оптимизации конструкции и подготовки методического сопровождения. В настоящее время устройство защищено рядом патентов на изобретения, товарные знаки [4-6] под коммерческим названием "Тренажер Сотского БИЗОН-1м".

Схематически его внешний вид и устройство представлено на рис. 1 и 2.



Рис. 1. Тренажер Сотского БИЗОН-1м

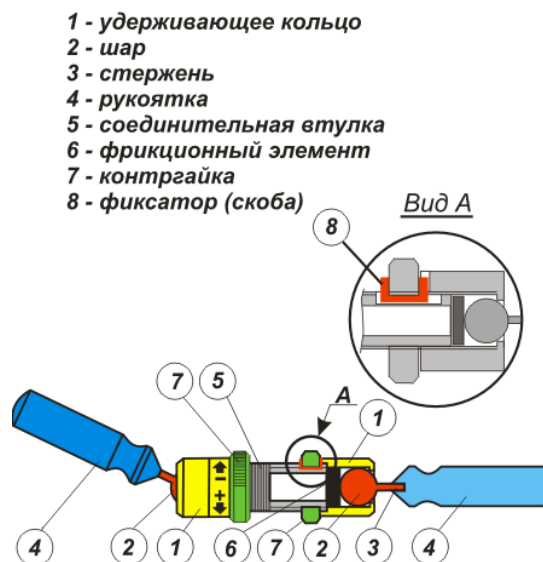


Рис. 2. Схема устройства тренажера

Подготовка тренажера к работе заключается в установлении тренировочной нагрузки. Для этого, поворачивая контргайки (7), выводят фиксаторы (8) из пазов удерживающих колец (1), освобождая, таким образом, последние для возможности поворота. Затем, поворачивая в соответствующих направлениях удерживающие кольца (1), устанавливают тренировочную нагрузку, проверяя ее величину пробными поворотами рукояток. После этого, вращая контргайки, вводят фиксаторы (8) в пазы удерживающих колец (1), таким образом, исключая возможность поворота удерживающих колец.

Устройство обеспечивает нагрузкой 6 из 12 степеней свободы, что практически соответствует возможности обеспечения тренировочной нагрузкой практически любых движений рук. Типичные тренировочные упражнения показаны на рис.3, причем, если изменить плоскость или направление движения, способ захвата, исходное расположение и т.д., то получим новое упражнение, выполнение которого позволяет нагружать мышцы в непривычных режимах и в результате получать мощное тренировочное воздействие.

Большинство приведенных ниже упражнений имеет значительное количество разновидностей, которые отличаются от показанных на рисунках исходным положением тренажера, уровнем расположения по отношению к телу тренирующегося, плоскостью выполнения движения и способом захвата рукояток. В связи с этим после описания каждого упражнения в скобках дается информация о возможной его модификации путем изменения любого из приведенных выше параметров. Для эффективного построения модифицированных упражнений следует учесть применяемые обозначения:

**Основные исходные положения тренажера (ИП):** 1 -спереди; 2-за спиной; 3-над головой; 4-сбоку.

**Уровень расположения тренажера (УР):** 1 -на уровне поясицы; 2-на уровне груди; 3-на уровне головы; 4-над головой.

**Основные плоскости движения (ПД):** 1-горизонтальная; 2-вертикально-поперечная; 3-вертикально-продольная; 4-промежуточные плоскости.

**Основные способы захвата рукояток (ЗР):** 1 -большими пальцами к корпусу тренажера; 2-большими пальцами от корпуса; 3-одна рука большим пальцем к корпусу, другая - от корпуса.

	<p>1. Выполнить повороты рукояток в вертикальной плоскости вверх-вниз (упражнение может иметь разновидности, в которых движения выполняются из исходного положения: за спиной, над головой, сбоку (ИП: 1-4); при различном уровне расположения тренажера: на уровне поясицы, на уровне груди, на уровне головы и над головой (УР: 1-4); движение может проводиться в различных плоскостях: в горизонтальной, в вертикально-продольной, в вертикально-поперечной и в промежуточных (ПД: 1-4); упражнения могут отличаться способами захвата рукояток: большими пальцами к корпусу, большими пальцами от корпуса и одна рука большим пальцем к корпусу, а другая от корпуса (ЗР: 1-3).</p>		<p>6. Одна рука удерживает корпус тренажера, другая - рукоятку. Выполнить вращение рукоятки во всех возможных направлениях (ИП: 1-4; УР: 1,2; ЗР: 1,2).</p>		<p>13. *Выполнить движения рукояток в параллельных плоскостях, аналогичные вращению педалей велосипеда (ИП: 1-4; УР: 1,2,4; ПД: 1-4; ЗР: 1-3).</p>
	<p>2. Переместить тренажер вверх, одновременно поворачивая рукоятки вниз, вернуться в исходное положение, выполняя движения в обратной последовательности (ИП: 1-4; УР: 1-3; ПД: 1-4; ЗР: 1-3).</p>		<p>7. Поворачивая рукоятки вокруг их продольных осей, выполнить движения, имитирующие выкручивание мокрого белья, вернуться в исходное положение в обратной последовательности (ИП: 14; УР: 1-4; ПД: 1-4; ЗР: 1-3).</p>		<p>14. *Одна из рукояток прижата к корпусу и неподвижна. Выполнить вращение другой рукояткой, аналогичное движению колесоворота. Рукоятки должны оставаться параллельными (ИП: 1,2; ПД: 1-4; ЗР: 1-3).</p>
	<p>3. Выполнить повороты рукояток тренажера вперед в горизонтальной плоскости, одновременно сводя локти перед собой и затем назад, разводя их в стороны (ИП: 1,2; УР: 1-3; ПД: 1,2,4; ЗР: 1-3).</p>		<p>8. Одна из рукояток прижата к корпусу и неподвижна, другая вращается вместе с корпусом тренажера вперед и назад за спину, одновременно в таких же направлениях перемещается локтевой сустав (ИП: 1,2; УР: 1,2,4; ПД: 1-4; ЗР: 1-3).</p>		<p>15. *Выполнить конусообразный поворот рукояток с одновременным перемещением корпуса тренажера вперед-назад (ИП: 1,2,4; УР: 1-4; ПД: 1-4; ЗР: 1-3).</p>
	<p>4. Выполнить повороты рукояток вперед в горизонтальной плоскости, одновременно максимально сводя локти перед собой и затем назад, максимально сводя локти за спиной (ИП: 1,2; УР: 1,2; ПД: 1,4; ЗР: 1-3).</p>		<p>9. Выполнить движения верхней рукояткой вниз, а нижней вверх, сохраняя их параллельную ориентацию (ИП: 1-4; УР: 1-4; ПД: 1-4; ЗР: 1-3).</p>		<p>16. Опираясь большими пальцами на корпус тренажера, а остальными четырьмя пальцами обеих рук захватывая, рукоятки выполнить поворот рукояток вверх, вернуться в исходное положение, разворачивая тренажер вокруг его продольной оси.</p>
	<p>5. Выполнить повороты рукояток вперед в горизонтальной плоскости, одновременно сводя локти перед собой и затем назад, разводя их в стороны (ИП: 1,2; УР: 1-3; ПД: 1,2,4; ЗР: 1-3).</p>		<p>10. Одна из рукояток прижата к корпусу и неподвижна. Выполнить движение другой рукояткой вправо-влево, сохраняя рукоятки параллельными (ИП: 1,2,4; УР: 1,2; ПД: 1-4; ЗР: 1-3).</p>		<p>17. Одна рука удерживает корпус тренажера, другая, опираясь большим пальцем на корпус, захватывает одним, двумя или тремя пальцами рукоятку. Выполнить поворот рукоятки вверх, вернуться в исходное положение, разворачивая тренажер вокруг его продольной оси.</p>
	<p>6. Выполнить повороты рукояток вперед в горизонтальной плоскости, одновременно максимально сводя локти перед собой и затем назад, максимально сводя локти за спиной (ИП: 1,2; УР: 1,2; ПД: 1,4; ЗР: 1-3).</p>		<p>11. Одна из рукояток прижата к корпусу и неподвижна. Выполнить движение другой рукояткой вверх-вниз, сохраняя рукоятки параллельными (ИП: 1,2,4; УР: 1,2; ПД: 1-4; ЗР: 1-3).</p>		<p>18. *Одна рука удерживает корпус тренажера, а рукоятка располагается между пальцами другой руки. Зажимая рукоятку пальцами, выполнить вращение рукоятки в различных направлениях.</p>
	<p>7. Выполнить повороты рукояток в вертикальной плоскости вверх, максимально поднимая локти вверх и затем вниз, опуская локти (УР: 1-3; ЗР: 1-3).</p>		<p>12. *Выполнить движения выпрямленными руками верхней рукояткой вниз, а нижней - вверх, сохраняя рукоятки параллельными (ИП: 1-4; УР: 1-4; ПД: 1,2,4; ЗР: 1-3).</p>		<p>17. Одна рука удерживает корпус тренажера, другая, опираясь большим пальцем на корпус, захватывает одним, двумя или тремя пальцами рукоятку. Выполнить поворот рукоятки вверх, вернуться в исходное положение, разворачивая тренажер вокруг его продольной оси.</p>

Рис. 3. Типовые тренировочные упражнения

При детальном рассмотрении представленных тренировочных упражнений выявляется одна существенная особенность – практически всегда статический (или при большой нагрузке уступающий) режим работы мышц пальцев рук, а также наличие значительного числа упражнений, в которых эти режимы характерны и для лучезапястных суставов. При этом величина силовой нагрузки на мышцы, обеспечивающие фиксацию указанных суставов, имеет ярко выраженный динамический характер.

Если в качестве примера взять упражнение "велосипед" (13, рис.3), то по мере вращения рукояток, усилие, разрывающее хват, постоянно меняет направление. Аналогичная ситуация характерна для

большинства приведенных упражнений. Следует учесть возможность использования самых сложных исходных положений и способов выполнения движений.

Если учесть, что во многих двигательных действиях человека пальцы рук, а часто и лучезапястные суставы обеспечивают удержание спортивного инвентаря (клюшка, ракетка, копьё и т.д.), захват звеньев тела соперника (борьба), амортизацию при ударах, падениях и столкновениях (бокс, спортивные игры), становится очевидной перспектива использования устройств такого типа для организации специальной тренировки в значительном количестве спортивных дисциплин.

Среди характерных особенностей рассматриваемого устройства следует обратить внимание и на использование силы трения для обеспечения тренировочной нагрузки. Ее величина практически не зависит от скорости и величины взаимного перемещения трущихся поверхностей, а самое главное, переводит энергию, полученную в результате работы спортсмена, непосредственно в тепло, препятствуя, таким образом, ее накоплению конструкцией тренажера и устраняя необходимость ее рассеивания через опорно-двигательный аппарат тренирующегося. Установление значительных тренировочных нагрузок не связано с увеличением массы устройства, что в существенной мере снижает образование инерционных сил. Все это позволяет по достоинству оценить перспективу фрикционных тренажеров со многими степенями свободы для тренировки рук практически в любых положениях, обеспечивая специфической нагрузкой сочленения, работающие при выполнении соревновательных упражнений в статических или уступающих режимах.

Эффективность работы устройства была подтверждена в ходе специального эксперимента [7], в котором в течение 2 месяцев (20 занятий по 12 минут чистой работы) был отмечен статистически значимый прирост кистевой силы в среднем по группе на 10кг. При этом достигнутые силовые показатели сохранялись в течение четырех месяцев без существенного снижения.

Дальнейшее развитие идеи использования фрикционных тренажеров со многими степенями свободы нашло отражение в следующем серийном изделии, также запатентованном в Республике Беларусь. Это – тренажер Сотского "Бизон-2" [8]. Его первоначальный замысел заключался в необходимости дополнения возможностей "Бизона-1м" упражнениями динамического характера для мышц, обеспечивающих движения пальцев рук.

Внешний вид тренажера и схема устройства представлены на рис.4 и 5.



Рис. 4. Тренажер Сотского "Бизон-2"

- 1 - муфта
- 2 - шар
- 3 - стержень
- 4 - ступица
- 5 - спица
- 6 - кольцевая рукоятка
- 7 - спица
- 8 - кольцевая рукоятка
- 9 - втулка
- 10 - регулировочный диск
- 11 - углубление для захвата
- 12 - шайба
- 13 - фрикционный элемент

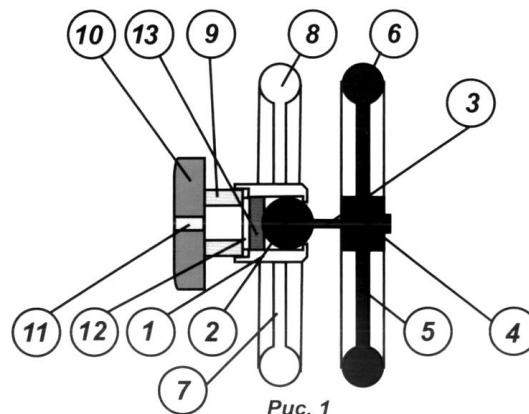
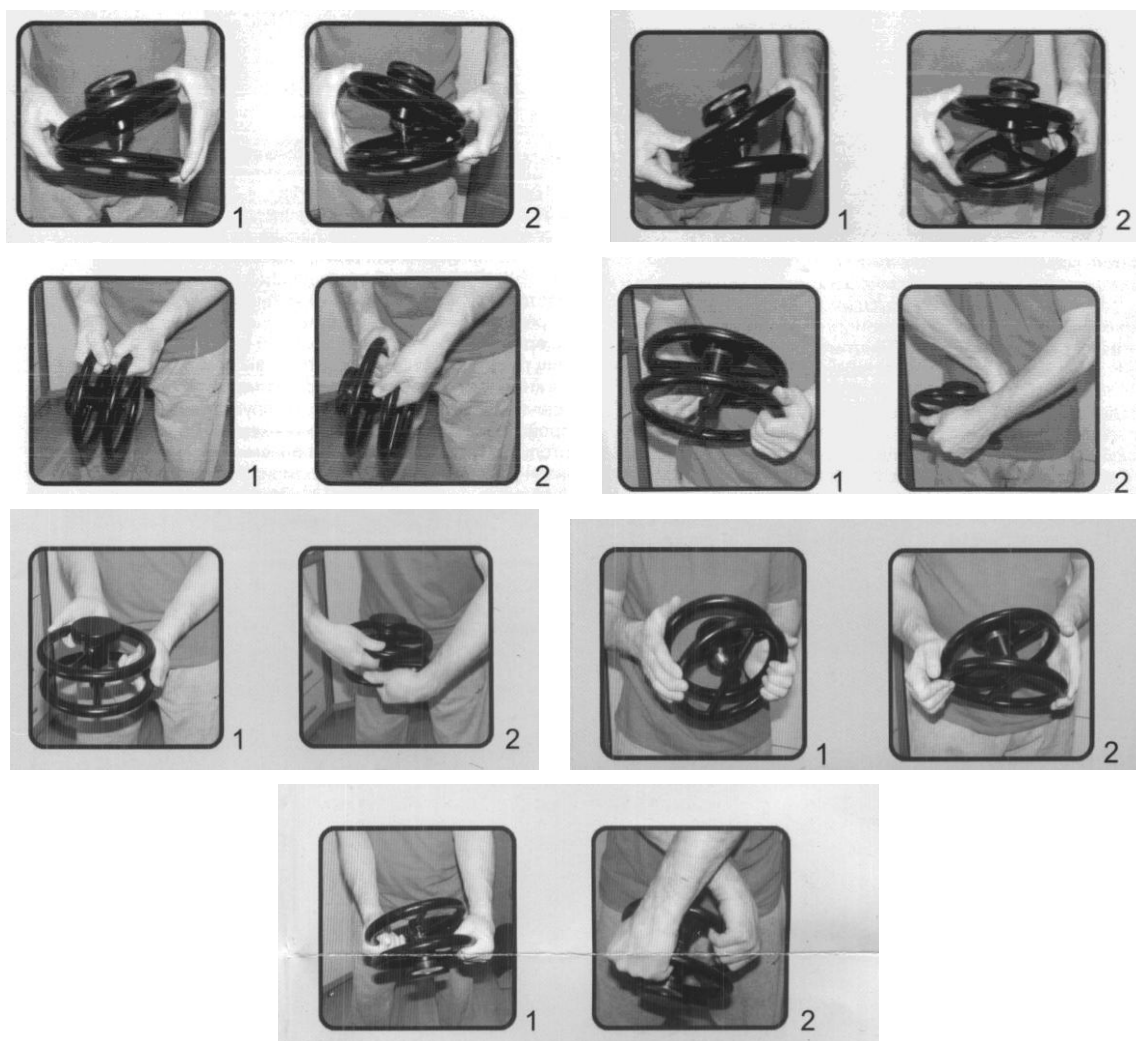


Рис. 1

Рис. 5. Устройство тренажера "Бизон-2"

Подготовка к работе тренажера "Бизон-2" значительно проще, чем "Бизона-1м". Она заключается в установке тренировочной нагрузки вращением регулировочного диска (10). Установленный уровень сопротивления не требует дополнительной фиксации.

Типичные тренировочные упражнения представлены на рис. 6.



**Рис. 6. Типичные тренировочные упражнения с тренажером "Бизон-2"**

Представленные упражнения могут быть, как и при использовании тренажера "Бизон-1м", легко модифицированы изменением места расположения и ориентации тренажера по отношению к телу тренирующегося, а также способом захвата рукояток. Немаловажной особенностью тренажера "Бизон-2" является возможность отдельной тренировки каждого пальца, что, на наш взгляд, может способствовать профилактике травм в видах спорта, где присутствует риск получения повреждений пальцев рук.

Следует отметить и некоторые неочевидные особенности тренажера "Бизон-2". Это возможность эффективного тренировочного воздействия на мышцы, обеспечивающие движения в локтевых, плечевых суставах, а также действия пояса верхних конечностей [9].

Использование тренажера "Бизон-2" особенно эффективно в сочетании с использованием тренажера "Бизон-1м". Эти два аппарата, на наш взгляд, удачно дополняют друг друга, образуя комплекс устройств, при тренировке с акцентом на мышцы предплечья и кисти.

В данном описании представлены лишь две типовые модификации фрикционных тренажеров со многими степенями свободы. Естественно, учитывая разнообразие движений, производимых руками в спорте, на производстве, в других видах деятельности, на основе запатентованного силового узла выпускаются специальные серии тренажеров. Так, на рис.6 показаны аппараты со специальными рукоятками, обеспечивающие экстремальные нагрузки на отдельные мышечные группы. В последнее время такие тренажеры все чаще используются в ходе тренировок спецназа и представителей спортивно-боевых единоборств.

В настоящее время проводятся исследования по возможности создания гибридных тренажеров, сочетающих в себе одновременно несколько сил различной природы, обеспечивающих тренировочную нагрузку. Это "Бизон-1м" с возможностью закрепления на среднем звене дополнительного отягощения в виде груза и с использованием упругого амортизатора. В настоящее время испытания проходит гибридный тренажер (рис. 8), средняя часть которого выполнена в форме упругого элемента.

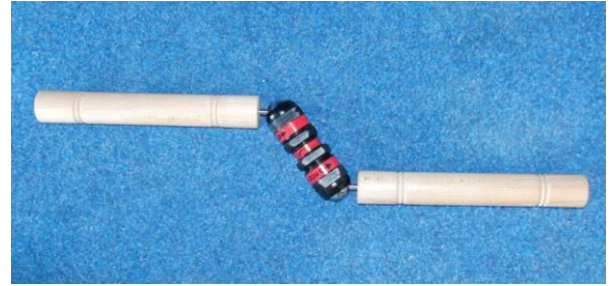
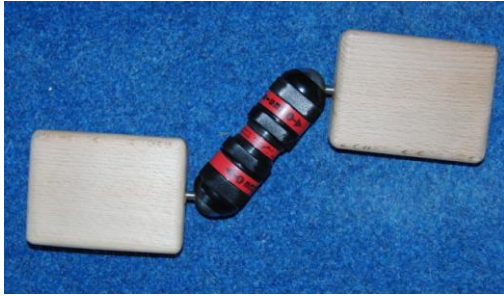


Рис. 7. Тренажеры "Бизон-1м" со специальными рукоятками (спецназовская серия)



Рис. 8. Модификация тренажера "Бизон-1м" с упругой средней частью

**Вывод.** Таким образом, выполненные в последние годы опытно-конструкторские разработки, проведенные научные исследования свидетельствуют о высокой перспективе дальнейшей работы по созданию новых перспективных систем спортивной, оздоровительной и реабилитационной тренировки со многими степенями свободы, которые, на наш взгляд, открыли новую страницу в развитии мировых тренажерных технологий.

#### Литература

1. [Сотский, Н.Б. Биомеханика: учеб. для студентов специальности спортивно-педагогическая деятельность / Н.Б.Сотский; Белорусский государственный университет физической культуры. – Минск: БГУФК, 2005. – С. 123-126.](#)
2. Верхошанский, Ю.В. Основы специальной физической подготовки спортсменов / Ю.В. Верхошанский. – М.: Физкультура и спорт, 1977. – 215 с.
3. Устройство для тренировки мышц Патент РФ 1556692 МПК [7] А63В 23/12/ Н.Б. Сотский, Г.П. Вальчук, А.С. Скуратович; заявитель Н.Б. Сотский.- заявка №4344487; опубл. 1987.12.15.
4. Устройство для тренировки мышц: Патент РБ №840; МПК [7] А 63В 21/00/ Н.Б. Сотский; заявитель Н.Б. Сотский – заявка № u 20020211, опубл. 2003.03.30
5. Устройство для тренировки мышц: Евразийский патент 010136 МПК [7] А63В 23/12/ Н.Б. Сотский; заявитель Н.Б. Сотский – заявка 2006/ЕА/0035; опубл. 2006.09.06.
6. Устройство для тренировки мышц: Евразийский патент 04347 МПК [7] А63В 21/012/ Н.Б. Сотский; заявитель Н.Б. Сотский – заявка ЕА200200805 от 26.07.2002 ; опубл. В1 2004.04.29.
7. Сотский Н.Б. Исследование возможностей развития силы рук с использованием фрикционного тренажера "Бизон-1".- Ученые записки: сборник научных трудов. – вып. 4. – С. 28-30.
8. Устройство для тренировки мышц пальцев рук: Патент РБ № 9761; МПК (2006) А63В 23/035/ В.Г. Киселев, Н.Б. Сотский; заявитель Н.Б. Сотский; № заявки 2450; опубл. 2007.10.30
9. Sotsky's exerciser company/ Режим доступа: <http://www.sotexsport.com/bison-2.html>– Дата доступа: 22.03.2011

Sotsky M.

#### ON THE PROSPECTS OF FRICTION SIMULATOR WITH MANY DEGREES OF FREEDOM

*In article the new approach to the organization of power training with use of frictional simulators with many amounts of freedom is analyzed. Simulators of the presented type allow to provide with a training load any spatial movements of the person at the minimal inertia and effective dispersion of energy.*

**Key words:** the Simulator, friction, hinges, amounts of freedom, power exercise

Стаття надійшла до редакції 09.09.2014 р.