

СИЛОВОЙ УЗЕЛ ФРИКЦИОННЫХ ТРЕНАЖЕРОВ СО МНОГИМИ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ (ЭВОЛЮЦИЯ КОНСТРУКЦИИ)

В статье представлены результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, связанных с реализацией новой биомеханически обоснованной концепции силовых тренажеров – устройств со многими степенями свободы. Показано развитие идеи фрикционного силового узла от первых опытных образцов тренажеров до полноценного продукта, защищенного рядом патентов и востребованного на мировом рынке. Значительное место отведено описанию конструкций и способов использования разработанных устройств.

Ключевые слова: тренажер, силовой узел, фиксация нагрузки.

Постановка проблемы. Анализ последних источников и публикаций. В данной работе обсуждаются важные аспекты конструирования силовых тренажеров, концептуально предполагающих обеспечение тренировочной нагрузкой одновременно нескольких степеней свободы суставных движений человека, что создает силовое поле пространственного характера, позволяющее выполнять упражнения в условиях, приближенных к имеющим место при выполнении реальных двигательных действий. Речь идет об эволюции силового узла тренажеров, имеющих шарнирно-рычажную конструкцию [1-7].

Силовой узел тренажера или устройство его включающее может быть представлен как замыкатель биокинематических цепей между собой или на опору. Традиционно работу такого замыкателя обеспечивают внешние отягощения. Это могут быть грузы, вызывающие сопротивление гравитационного и инерционного характера, упругие элементы, конструкции, использующие диссипативные силы [8-14]. Характерной особенностью такого подхода является прямолинейный характер тренировочного сопротивления, будь то поднимаемый груз, упругий элемент или гидравлический поршень.

Специальное исследование [15] показало, что тренировочное сопротивление, преодолеваемое при выполнении силовых упражнений, позволяет эффективно выполнять действия только линейного или плоскостного характера. В результате возникает проблема соответствия тренировочных режимов условиям, имеющим место в реальной спортивной или трудовой деятельности, поскольку существующие устройства силовой тренировки способны воздействовать лишь на отдельно вычлененные двигательные фрагменты, имеющие линейный или плоский характер. Следует также отметить отсутствие в рассматриваемом случае тренировки мышечных групп, работающих в статическом режиме и обеспечивающих линейность или плоскостность движения звеньев тела тренирующегося, 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.

Результаты исследования. Как было показано в упомянутой статье [15], принципиальное решение вопроса 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. Технически это можно осуществить путем размещения между ее элементами имитатора кинематической цепи с регулируемым сопротивлением изменению ее формы.

Конструкция имитатора может иметь вид 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 друг относительно друга. Минимальное количество звеньев для обеспечения такой возможности – три, причем связаны они должны быть шарнирами, имеющими по три степени свободы.

Регулировку сопротивления изменению углов Эйлера, определяющих взаимную ориентацию звеньев, можно осуществить, изменяя степень зажима, например, сферического шарнира (рис. 1), 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.

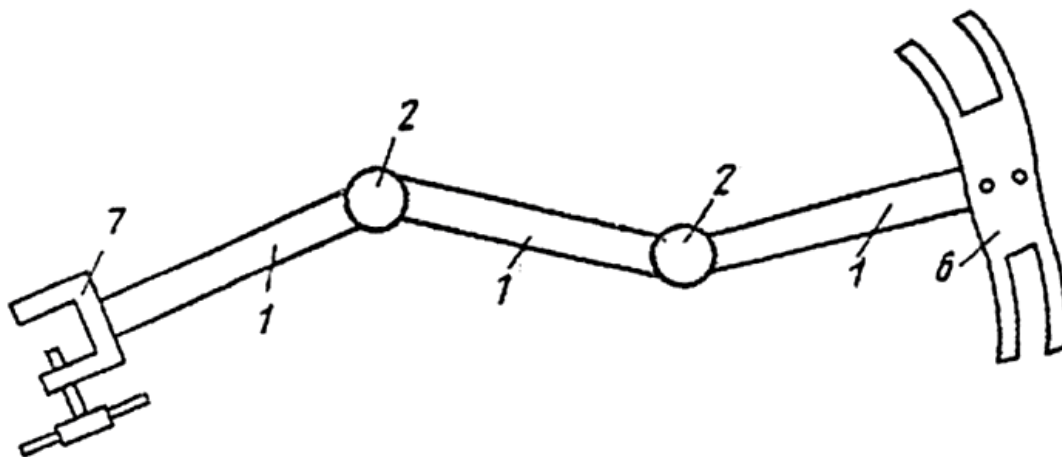


Рис. 1. Схема первой модификации фрикционного тренажера со многими степенями свободы

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

Первым тренажером, созданным в соответствии с развиваемой концепцией стало разработанное нами в 1987 году устройство [1]. Предложенное устройство позволило повысить эффективность тренировки путем расширения группы тренируемых мышц с возможностью обеспечения тренировочной нагрузкой одновременного нескольких степеней свободы суставного движения.

Устройство содержит три или более твердых звена 1 (рис. 1). Звенья 1 последовательно соединены паровыми шарнирами 2. На концах звеньев 1 могут быть закреплены средства для фиксации устройства на основании 7 и средства для взаимодействия с биозвеньями 6 спортсмена. Каждый шарнир состоит из сферы, цанги и прижима для регулировки сопротивления повороту сферы (рис. 2).

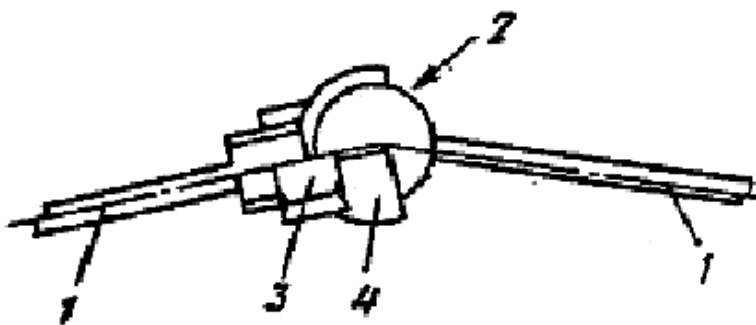


Рис. 2. Устройство первого варианта нагрузочного механизма шарнира (1 - звенья, 2 - сфера, 3 - прижимная гайка, 4 - цанговый зажим)

В ходе научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по реализации описанной выше конструкции возникло ряд вопросов и проблем. Во-первых, изготовление шарнира в предложенном виде потребовало ряд сложных токарных фрезерных и слесарных операций. Во-вторых требовался фрикционный материал сложной формы, обеспечивающий значительный коэффициент трения при высокой износостойкости трущихся поверхностей. В-третьих, потребовались дополнительные инструменты для установления и последующей фиксации степени зажима каждого шарнира представленной конструкции.

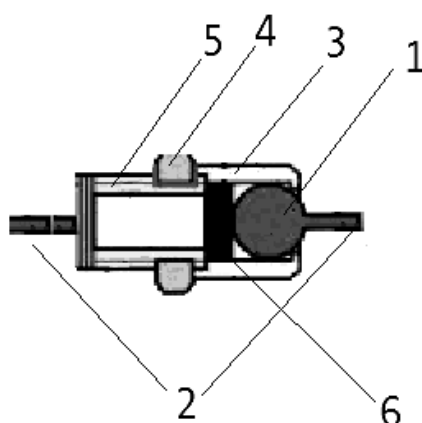


Рис. 3. Схема сферического шарнира с регулируемым сопротивлением
(1 - шар, 2 - стержни, 3- удерживающее кольцо, 4 - контргайка-фиксатор, 5 - резьбовая втулка, 6 - фрикционный элемент)

В результате ряда испытания и экспериментов была создан, запатентован и направлен в производство тренажер с другим более технологичным типом силового узла [2, 4].

Конструкция модифицированного шарнира представлена на рисунке 3. Здесь цанговый зажим заменен на пару "резьбовая втулка – прижимное кольцо", использован фрикционный элемент, а способ фиксации выполнен с использованием контргайки. Представленная конструкция силового узла позволила подготовить патентную документацию и начать производство первого тренажера со многими степенями свободы, который впоследствии получил название "Бизон-1". Его конструкция схематически изображена на рис. 4.

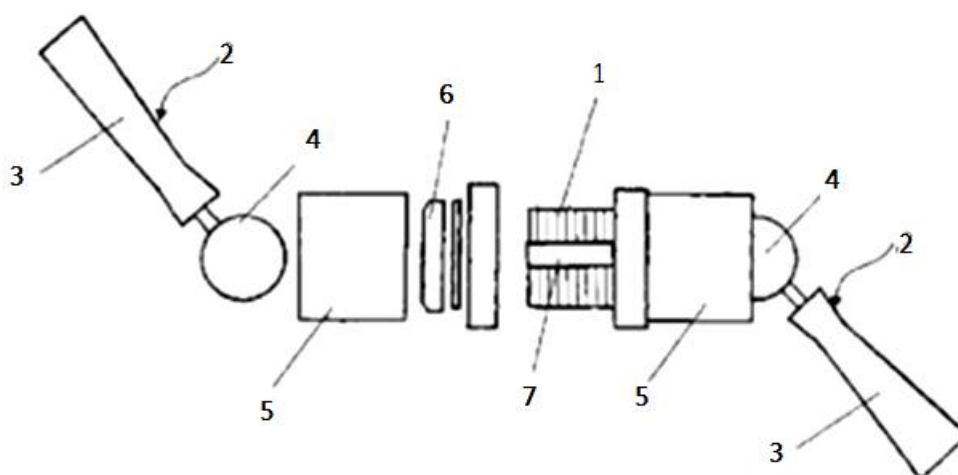


Рис. 4. Схема фрикционного тренажера "Бизон-1" в начальной модификации

Устройство состоит из центрального звена 1 и двух боковых звеньев 2, свободные концы которых выполнены в виде рукояток 3, а концы, смежные с центральным звеном I, – в виде сфер 4. Сферы 4 являются составной частью шарового шарнира, в состав которого также входят регулируемые прижимы, выполненные в виде удерживающих колец 5. Удерживающие кольца 5 снабжены средствами, обеспечивающими регулируемое соединение с центральным звеном I устройства. В данном варианте реализации предусмотрено резьбовое соединение, причем ответная часть резьбового соединения может быть выполнена как на всей поверхности центрального звена 1, так и только на концевых его участках. Между торцевыми поверхностями центрального звена I и сферами 4 шарнира установлены фрикционные элементы 6. На серединном участке центрального звена I выполнен паз 7 для размещения информационного табло (на чертежах не представлен).

Устройство работает следующим образом.

Перед началом тренировки путем соответствующего поворота обоих удерживающих колец 5 по отношению к центральному звену 1 устанавливают необходимую величину нагрузки. При этом следует отметить, что регулировка нагрузки может быть осуществлена независимо для каждого из шарнирных соединений, а значение нагрузки может быть подобрано, в том числе опытным путем, в том числе в зависимости от цели тренировки и от группы тренируемых мышц. В зависимости от этих же условий выбирают комплекс выполняемых упражнений.

Эксплуатация первых партий тренажера показала высокую эффективность устройства в отношении силовой тренировки. В особенности это относилось к мышцам предплечья и кисти, хотя ряд упражнений эффективно использовался и при тренировке мышц, обеспечивающих движения плечевого пояса. Вместе с тем были выявлены и некоторые существенные недостатки. В частности, слабым местом оказалась система фиксации установленной нагрузки. Она предполагала использование системы "удерживающее кольцо-контргайка". Проблема оказалась в слабой надежности данного узла. Часто контргайку заклинивало или она просто ослаблялась, что не позволяло эффективно использовать тренажер.

В результате дальнейших опытно-конструкторских работ была предложена и запатентована новая конструкция тренажера [3] (рисунок 5) для которой специально был разработан фиксатор скобочного типа.

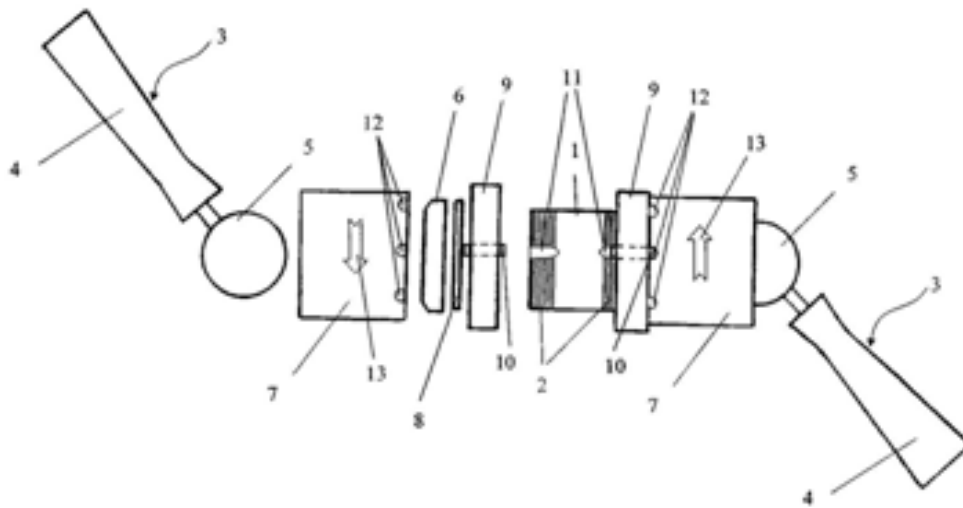


Рис. 5. Конструкция тренажера "Бизон-1м" со скобочным фиксатором нагрузки

Схематично устройство для тренировки мышц в одном из возможных вариантов реализации состоит из центрального звена 1 с резьбовыми участками 2 и двух крайних звеньев 3, свободные концы которых выполнены в виде рукояток 4, а концы, смежные с центральным звеном 1 – в виде сфер 5. Сферы 5 являются составной частью шаровых шарнирных соединений, в состав которых также входят фрикционные элементы 6 и регулируемые прижимы, выполненные в виде удерживающих колец 7. Удерживающие кольца 7 снабжены с внутренней стороны резьбой (на чертеже не изображена), обеспечивающей регулируемое соединение с центральным звеном 1 устройства. Фрикционные элементы 6 установлены между торцевыми поверхностями центрального звена 1 и сферами 5 шарнира, а между фрикционными элементами 6 и торцевыми поверхностями центрального звена 1 дополнительно установлены шайбы 8.

Для фиксации заданной нагрузки в устройстве предусмотрен ряд элементов, среди которых контргайки 9, элемент фиксации радиального положения, в данной форме реализации выполненный в виде 11-образной скобы 10, осевые направляющие выемки 11, предусмотренные на каждом резьбовом участке 2 центрального звена 1, и фиксирующие гнезда 12, выполненные на торцах удерживающих колец 7.

На удерживающих кольцах 7 предусмотрены также указатели 13 направления изменения нагрузки.

Устройство работает следующим образом.

Перед началом тренировки путем соответствующего поворота обоих удерживающих колец 7 по отношению к центральному звену 1 устанавливают необходимую величину нагрузки. При этом удержи-

вающие кольца 7 поворачивают на соответствующих резьбовых участках 2 центрального звена 1 в для установки нагрузки. По достижении заданной нагрузки осуществляют поворот контргайки 9 на соответствующем резьбовом участке 2 центрального звена 1 до контакта контргайки 9 с удерживающим кольцом 7 и вхождения в зацепление П-образной скобы 10 с фиксирующим гнездом 12. При этом при повороте контргайки 9 П-образная скоба 10, которая охватывает контргайку 9 со стороны резьбы, свободно перемещается в направлении продольной оси центрального звена 1 по осевой направляющей выемке 11 до вхождения в зацепление с соответствующим фиксирующим гнездом 12.

Направление изменения нагрузки определяется в соответствии с указателем 13 направления изменения нагрузки. При этом следует отметить, что регулировка нагрузки может быть осуществлена независимо для каждого из шарнирных соединений, а значение нагрузки может быть подобрано, в том числе, опытным путем, в том числе в зависимости от цели тренировки и от группы тренируемых мышц и особенностей функционирования нервно-мышечного аппарата тренирующегося. В зависимости от этих же условий выбирают комплекс выполняемых упражнений.

После установки заданной нагрузки для каждого из звеньев 3 кистями обеих рук осуществляют прочный захват рукояток 4 звеньев 3 в положении, предусмотренном выполняемым упражнением и в соответствии с выполняемым упражнением с усилием осуществляют перемещение рукояток 4 по заданным траекториям с последующим возвратом рукояток 4 в исходное положение. При этом сферы 5 взаимодействуют с соответствующими фрикционными элементами, и возникающее между ними трение создает нагрузку, причем усилие их прижима, связанное с положением удерживающих колец на соответствующем резьбовом участке центрального звена 1, определяет необходимую величину нагрузки.

Уровень нагрузки остается неизменным благодаря фиксации радиального положения удерживающего кольца 7 относительно центрального звена 1, благодаря надежности зацепления П-образной скобы 10, перемещаемой в ходе вращения контргайки 9, и соответствующего фиксирующего гнезда 12, а также возможности перемещения П-образной скобы 10 только в направлении продольной оси центрального звена и только по направляющей осевой выемке 11.

При необходимости изменения нагрузки контргайку 9 перемещают по резьбовому участку 2 центрального звена 1 в направлении от соответствующего удерживающего кольца 7, при этом П-образная скоба 10, перемещаясь по осевой направляющей выемке 11, выходит из зацепления с соответствующим фиксирующим гнездом 12. Нагрузку изменяют путем перемещения в соответствующем направлении удерживающего кольца 7 по резьбовому участку 2 центрального звена 1 с последующей фиксацией заданного положения, описанным выше образом. Описанному тренажеру было присвоено наименование "Бизон-1м" под которым он позиционируется на рынке и в настоящее время.

В ходе дальнейшего совершенствования фрикционных тренажеров со многими степенями свободы была поставлена задача обеспечения плавности регулировки нагрузки и повышения удобства, поскольку для установки и фиксации нагрузки в устройстве "Бизон-1м" требовалось несколько операций. В результате опытно-конструкторских изысканий был предложен и запатентован тренажер новой конструкции, впоследствии получивший название "Бизон-1-классик" [7]. Схема устройства указанного тренажера представлена на рис. 6.

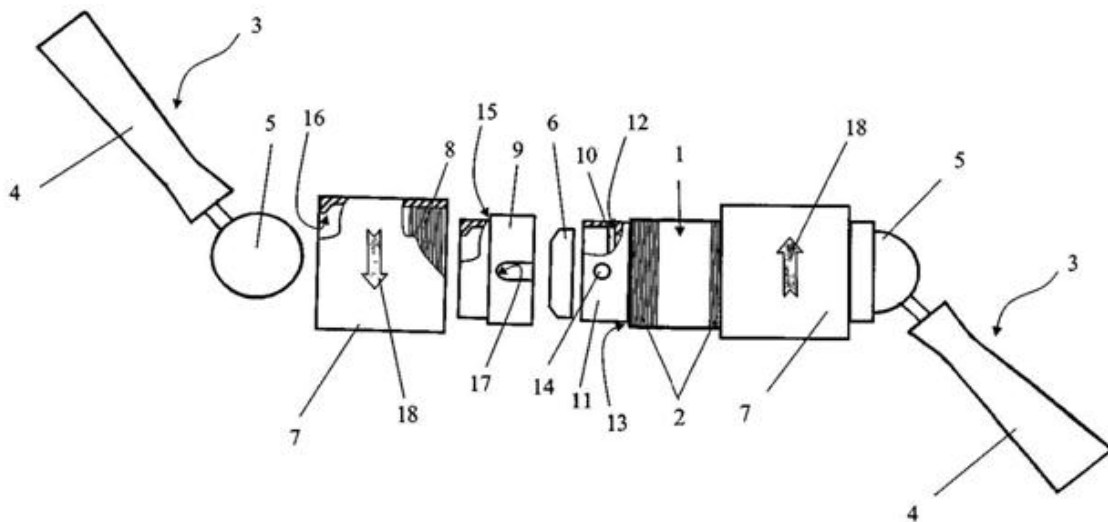


Рис. 6. Устройство "Бизон-1-классик"

Схематично зображене пристрій для тренування м'язів в одному з можливих варіантів реалізації складається з центрального звена 1 з різьбовими ділянками 2 і двох крайніх звеньїв 3. вільні кінці яких виконані в вигляді рукояток 4. а кінці, сусідні з центральним звеном 1. – в вигляді сфер 5. Сфери 5 є складовою частиною кулястих шарнирних з'єднань, в склад яких також входять фрикційні елементи 6 і регульовані прижимні, виконані в вигляді прижимних муфт 7. Кожна прижимна муфта 7 оснащена з внутрішньої сторони різьбою 8. забезпечуючою регульоване з'єднання з відповідним різьбовим ділянкою 2 центрального звена 1 пристрою.

Діаметр і різьба 8 на внутрішній поверхні прижимної муфти 7 обрані з можливістю навинчування муфти 7 на різьбову ділянку 2 центрального звена 1. Прижимна муфта 7 входить в склад відповідного регульовального блоку, який включає також стакан 9 для розміщення сфер 5 кулястого шарнира і торцевої обмежувачі переміщення фрикційного елемента 6 вздовж осі. виконаний в вигляді пластини 10 круглої форми діаметром d . Фрикційні елементи 6 встановлені між пластинами 10 і сферами 5 шарнира.

Центральне звено 1 містить центральний ділянку (позицією на чертежі не позначено), кінцеві ділянки 11. різьбові ділянки 2. примикаючі до кінцевим ділянкам 11. і виконані польом, по меншій мірі, на своїх кінцевих ділянках 11. В порожнині кожного кінцевого ділянки 11 центрального звена 2 передбачено засіб для фіксації осевого положення торцевої обмежувачі (пластини 10 круглої форми), виконане в вигляді кільцевого уступу 12. На зовнішній поверхні кожного з кінцевих ділянок 11 центрального звена 1 передбачено засіб для фіксації осевого положення стакана 9. виконане в вигляді кільцевого уступу 13. розташоване на зовнішній поверхні центрального звена 1 на межі відповідних кінцевого 11 і різьбового 2 ділянок, і засіб для фіксації радіального положення стакана 9. виконане в вигляді фіксуючого виступу 14.

Кожний стакан 9 і прижимна муфта 7 оснащені відповідними засобами фіксації їх взаємного осевого положення, виконаними в вигляді кільцевого уступу 15. розташоване на зовнішній поверхні стакана 9 і кільцевого виступу 16. розташоване на внутрішній поверхні прижимної муфти.

Кожний стакан 9 оснащений відповідним засобом фіксації його радіального положення відносно центрального звена, виконаним в вигляді фіксуючої прорізи 17. розташованої на бічній поверхні стакана 9 з боку центрального звена 1. на бічній поверхні кінцевого ділянки 11 центрального звена 1 передбачено відповідний засіб фіксації радіального положення стакана 9 відносно центрального звена 1. виконане в вигляді фіксуючого виступу 14.

Перед початком тренування шляхом відповідного повороту обох прижимних муфт 7 по відношенню до центрального звена 1 встановлюють необхідну величину навантаження. При цьому прижимні муфти 7 шляхом їх повороту на відповідних різьбових ділянках 2 центрального звена 1 переводять в положення заданного навантаження (в відповідності з позначками 18 напрямку зміни навантаження). З урахування описаних вище особливостей конструкції пристрою в цілому і регульовального блоку в частині для зміни навантаження достаточо повернути в відповідному напрямку прижимні муфти 7. при цьому зміниться осеве положення відповідних прижимної муфти 7. стакана 9 і сфери 5 відносно центрального звена 1 і відповідного фрикційного елемента 6. Таким чином, в неперервному режимі і з автоматичною фіксацією змінюється сила тертя між сферою 5 і відповідним фрикційним елементом 6. а відповідно, величина навантаження на м'язи тренуваного.

Як уже було відзначено вище, напрямку зміни навантаження визначається в відповідності з позначкою 18 напрямку зміни навантаження. При цьому слід відзначити, що регулювання навантаження може бути здійснено незалежно для кожного з шарнирних з'єднань, а значення навантаження може бути підібрано, в тому числі, експериментальним шляхом, в тому числі в залежності від мети тренування і від групи тренуваного м'язів і особливостей функціонування нервно-м'язового апарату тренуваного. В залежності від цих же умов вибирають комплекс виконуваних вправ.

Висновки. Приведені матеріали показали процес удосконалення силового вузла фрикційного тренажера з багатьма ступенями вільності з серії "Бізон". Разом з удосконаленням силового вузла відбувалося еволюційне розвиток всієї конструкції, що дозволяє з кожної новою моделлю досягати всі нового удосконалення пристрою з отриманням всі більш привабливих споживчих якостей. Проведені наукові і експериментально-конструкторські роботи дозволили не тільки отримати ефективний силового тренажер, але і послужити прикладом реалізації нової концепції проектування пристроїв призначеного призначення – фрикційних тренажерів з багатьма ступенями вільності.

Использованные источники

1. 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.

2. Устройство для тренировки мышц: Патент РБ №840; МПК [7] А 63В 21/00/ Н.Б. Сотский; заявитель Н.Б. Сотский – заявка № и 20020211, опубл. 2003.03.30
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Устройство для тренировки мышц: Патент РБ № 2786; МПК (2006) А63В 21/00/ В.Г. Киселев, Н.Б. Сотский; заявитель Н.Б. Сотский; № заявки 2450; опубл. 1999.06.30
7. Устройство для тренировки мышц: Евразийский патент 014200 МПК [7] А63В 21/012/ Н.Б. Сотский; заявитель Н.Б. Сотский – заявка 200801659 от 22.04.2008 ; опубл. 200.10.29.
8. Ратов, И.П. Двигательные возможности человека (нетрадиционные методы их развития и восстановления) / И.П. Ратов. – Минск, 1994. – 190 с.
9. Скрипко, А.Д. Технологии в физической культуре и спорте: учеб.-метод. пособие / А.Д. Скрипко, науч. ред.: М.Б. Юспа. – Минск, 2001.– 124 с
10. Скрипко, А.Д. Технологии кондиционной и спортивной подготовки в системе физического воспитания учащихся и студентов: автореф. дисс. ... д-ра пед наук: 13.00.04, 01.02.08 / А.Д. Скрипко; ГЦОЛИФК. – М., 2004. – 48 с.
11. Юшкевич, Т.П. Тренажеры в спорте // Т.П. Юшкевич, В.Е. Васюк, В.А. Буланов. – М.: Физкультура и спорт, 1989. – 320 с.
12. Юшкевич, Т.П. Применение технических средств в обучении и тренировке спортсменов / Т.П. Юшкевич, В.Е. Васюк, В.А. Буланов. – Минск: Полымя, 1987. – 240 с.
13. Pressor [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа <http://www.precor.com/intl/commercial/products/strength/discovery-strength/selectorized>
14. Fitnessforeverfit [Электронный ресурс] – 2014. – Режим доступа <http://fitnessforeverfit.com/our-services/club-equipment-trading/fitstrengthequipments/>
15. Сотский, Н.Б. Кинематика и динамика выполнения упражнений на стационарных силовых тренажерах / Н.Б. Сотский // Наука и техника. – 2014. – № 4. – С 87-94.
16. Сотский Н.Б. О концепции фрикционных тренажеров со многими степенями свободы / Н.Б. Сотский // Материалы, технологии, инструменты. – 2014. – Т 19. №4. – С. 18-23.

Sotsky M.

POWER NODE OF THE FRICTION EXERCISERS WITH MANY DEGREES OF FREEDOM (DESIGN EVOLUTION)

The article presents the results of research and development work related to the implementation of a new biomechanically based concept of power exercisers – devices with many degrees of freedom. The work shows the evolution of articulated lever based design of training device with an adjustable frictional resistance hinges. It also demonstrates the ways of setting and fixing the training load and the gradual improvement in the course of adaptation to the training process in a number of sports.

The paper presents and illustrates the development of the idea of friction power unit from the first prototypes to fully featured products protected by patents and demanded in the world market. Considerable part of the work is devoted the description of actual commercial devices, discussion of their advantages and disadvantages, logical substantiation of the ways how to eliminate the latter and to bring the designed devices nearer to optimal parameters, allowing the effective strength training in a large number of sports.

The above described devices and methods of their use during strength training allow to appreciate the concept of friction exercisers with many degrees of freedom, and to assess the prospects of such devices as a universal means of training, recreation and rehabilitation in many areas of human activity.

Key words: *exerciser, the power unit, fixing load.*

Стаття надійшла до редакції 14.09.2015 р.