

7. **Руководство** пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys V2.3 / ПК «Пролог», Copyright: 3S-Smart Software Solutions GmbH, 2008. – 452 с.

8. **ZF AS Tronic®** / ZF tech. information, Sheet-No. 1327 750 102a. – ZF Friedrichshafen AG, Germany, 2001. – 23 p.

9. **Коралевски, Г.** Синтез законов управления и параметров гидромеханических трансмиссий колесных машин: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.03 / Г. Коралевски. – Минск, 2001. – 40 с.

10. **Кусяк, В. А.** Синтез алгоритма переключения передач в трансмиссии городского автобуса: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / В. А. Кусяк. – Минск, 2000. – 173 с.

## REFERENCES

1. **Fuller®** Automated Transmissions: Fuller®Ultra-Shift® LST, -LHP, -LEP. Eaton Tech. Information: Condensed Specifications TRSL-0300, -0318 807 2.5M/WP, TRSL – 0314 807 2M/WP. Eaton Corp., USA, 2007.

2. **ZF AS Tronic** and ZF AS Tronic Mid: Technical Manual for Installation, Operation and Commissioning. ZF Tech. Information, Sheet-No 1328 765 901f21. ZF Friedrichshafen AG, Germany, 2005.

3. **Rukteshel, O. S., Solomachov, V. L., Kussyak, V. A., Filimonov, A. A.** (2006) Development Trends of Automated Control Systems of Manual Gearboxes in Heavy Vehicles. *Vesty Akademii Nauk Belarusi. Seriya Fiziko-Tekhnicheskikh Nauk* [Bulletin of Academy of Sciences of Belarus. Series: Physical and Engineering Sciences], 2, 50–54 (in Russian).

4. **Opticruise:** Description of Operation and Work Description. Scania Tech. Information 05:05-02, Sheet-No 1 585 369. Scania CV AB, Sweden, 1995.

5. **SAE International™:** Surface Vehicle Recommended Practice. J1939-71. Vehicle Application Layer. SAE Truck and Bus Control and Communications Network Subcommittee. 2003.

6. **CiA DS-301**, Version 4.01: CANopen Application Layer and Communication Profile. ISO 11989. Available at: [http://www.workarea.ego-gw.it/ego2/ego/itf/software/301\\_canopen.pdf](http://www.workarea.ego-gw.it/ego2/ego/itf/software/301_canopen.pdf). (accessed: 19 March 2009).

7. **Manual** on PLC Programming in CoDeSys V2.3. PC “Prologue”, Copyright: 3S-Smart Software Solutions GmbH. 2008.

8. **ZF AS Tronic®.** ZF Tech. Information, Sheet-No 1327 750 102a. ZF Friedrichshafen AG, Germany, 2001.

9. **Koralevski G.** *Sintez Zakonov Upravleniya i Parametrov Gidromehaniческих Transmissij Kolesnyh Mashin: Avtoref. dis. d-ra tehn. nauk* [Synthesis of Control Laws and Hydro-Mechanical Transmissions Parameters for Wheeled Vehicles. Author’s Abstract for a Science Degree of Doctor of Engineering Sciences]. Minsk, 2001 (in Russian).

10. **Kussyak, V. A.** *Sintez Algoritma Perekljuchenija Peredach v Transmissii Gorodskogo Avtobusa: dis. kand. tehn. nauk* [Synthesis of Gearshift Algorithm in Urban bus Transmission. Author’s Abstract for a Science Degree of Candidate of Engineering Sciences]. Minsk, 2000 (in Russian).

Поступила 14.05.2014

УДК 796.012:796.022+612.76

## КИНЕМАТИКА И ДИНАМИКА ВЫПОЛНЕНИЯ УПРАЖНЕНИЙ НА СТАЦИОНАРНЫХ СИЛОВЫХ ТРЕНАЖЕРАХ

*Канд. пед. наук, доц. СОТСКИЙ Н. Б.*

*Белорусский государственный университет физической культуры*

E-mail: nsotsky@gmail.com

Статья посвящена актуальной теме, связанной с созданием новой технологии взаимодействия человека с тренажерными средствами при развитии силовых качеств, важных как для спортивных достижений, так и в повседневной жизни. Цель исследования – установление кинематических и динамических особенностей работы суставных сочленений при взаимодействии тренирующегося со стационарными тренажерами в ходе выполнения силовых упражнений. В качестве основного метода исследования использован оригинальный способ определения и численного представления позы человека, основанный на установлении закономерностей изменения суставных углов с учетом всех анатомически возможных степеней свободы сочленений опорно-двигательного аппарата. В ходе исследования были проанализированы тренировочные упражнения с использованием типичных современных силовых тренажеров, использующих для создания нагрузки гравитационные, упругие и диссипативные силы. В результате исследования показано, что основной проблемой применения стационарных тренировочных систем является отсутствие возможности создания нагрузки одновременно для нескольких степеней свободы суставных движений, характерных для естественных пространственных движений человека. Другие проблемы связаны с жесткой предопределенностью траекторий звеньев человека, снижающей

требования к координации мышечных усилий, с наличием неконтролируемых инерционных силовых добавок, возникающих при ускоренном движении грузов, используемых для создания нагрузки, и необходимостью рассеивания механической энергии в ходе выполнения упражнений.

На основании исследования сформулировано перспективное направление дальнейшего развития тренажерных технологий, связанных с силовой и оздоровительной тренировкой, – создание тренажеров, обеспечивающих нагрузку одновременно нескольких степеней свободы опорно-двигательного аппарата человека при минимальной инерционности с возможностью эффективного рассеивания энергии.

**Ключевые слова:** силовое упражнение, тренажер, степени свободы, инертность, энергия.

Ил. 8. Библиогр.: 10 назв.

## KINEMATICS AND DYNAMICS OF EXERCISE PERFORMANCE ON STATIONARY WEIGHT MACHINES

SOTSKY N. B.

*Belarusian State University of Physical Culture*

The paper is devoted to the topical subject which is related to development of a new technology on interaction of a man and exercise machines while cultivating force characteristics which are important for sports and everyday life as well. The research objective is to determine kinematic and dynamic specific features of articular joint performance when a trainee is interacting with stationary exercise machines while performing power exercises. An original approach for determination and numerical representation of man position based on ascertainment of regularities on changes in joint angles taking into account anatomically possible degree of freedom of locomotor system joints has been used a main method for investigations. Training exercises using typical modern press machines with gravitational, elastic and dissipative forces for loading have been analyzed in the process of investigations. The investigations have revealed that the main problem of stationary exercise systems is an absence of the possibility to create loading simultaneously for several degrees of freedom for joint motions which are characteristic for natural spatial motions of a man. Other problems are connected with strict predeterminacy of human body link trajectories that reduce requirements to coordination of muscle forces, presence of uncontrollable inertial power additives arising at accelerated motion of weights used for loading and necessity to disperse mechanical energy while making exercises.

On the basis of the research we have formulated the promising direction for further development of training technologies connected with weight and health-improving training that implies creation of exercise machines providing simultaneous loading with several degrees of freedom for a human locomotor system with minimum inertance and possibility of effective energy dispersion.

**Keywords:** power exercise, exercise machine, degree of freedom, inertness, energy.

Fig. 8. Ref.: 10 titles.

**Введение.** Современные подходы к закономерностям формирования двигательных действий человека в качестве важнейшего аспекта рассматривают биомеханические закономерности функционирования его опорно-двигательного аппарата. При этом весьма эффективным подходом, объединяющим не только чисто механические аспекты, но и вопросы, связанные с освоением, совершенствованием двигательных действий, а также с развитием двигательных качеств, обеспечивающих принцип доступности физических упражнений для исполнителя, является концепция, предложенная В. Т. Назаровым [1, 2] и в дальнейшем развиваемая в работах его учеников и последователей [3–5].

Суть подхода состоит в представлении цели двигательного действия в виде совокупности

программ трех типов. Это программы места, ориентации и позы. Первые две содержат цель двигательного действия, а третья – в большей мере рассматривается как средство ее достижения, хотя в некоторых случаях определенные изменения позы сами представляют собой основную задачу физического упражнения. Именно последний аспект является методической основой использования силовых тренажеров и тренировочных устройств самого различного типа. Здесь во главу угла ставится организация дозированного затруднения изменений суставных углов и соответственно позы занимающегося при практическом сохранении пространственного положения тела как целого. Нагрузка при использовании силовых тренажеров обеспечивается использованием сил различной природы. Это и тренажеры на преодоление

гравитационного сопротивления поднимаемого груза, упругих сил, вязкого и сухого трения.

К настоящему моменту существует значительное число описаний тренажерной тренировки силового характера с использованием устройств стационарного типа [6–9], которые, как правило, включают в себя качественное описание выполняемых двигательных действий, рисунки, фотографии и видеogramмы упражнений. При этом рекомендуемое изменение позы занимающихся носит приблизительный характер, при полном отсутствии анализа особенностей координации степеней свободы, характерной для сложных многосуставных движений.

Выполнение реальных управляющих движений в суставах, в отличие от используемых в тренажерной тренировке, имеет свои особенности. В первую очередь это динамический режим работы – преодолевающий или уступающий. Во-вторых, частое использование одновременно нескольких степеней свободы суставного движения. Например, при выполнении прямого удара в боксе. Плечевой сустав одновременно выполняет движение всех трех доступных для него типов (сгибательно-разгибательного, ротации и циркумдукции). Аналогичная ситуация имеет место при выполнении ударов в теннисе, технических действий в борьбе, ударов в футболе и во многих других спортивных или жизненных ситуациях.

Таким образом, в реальных ситуациях для эффективного выполнения двигательных действий необходимо освоить сложнейшее сочетание элементов осанки и управляющих движений, достигаемое благодаря координации мышечных усилий статического и динамического характера, позволяющих использовать одновременно все необходимые степени свободы, одни из которых должны быть ограничены, а другие, наоборот, раскрепощены. В связи с этим исследование характерных изменений позы при выполнении упражнений силового характера, оценка их соответствия реальным движениям, имеющим место в спортивных и повседневных движениях с целью поиска резервов совершенствования соответствующих тренажерных технологий, представляется весьма актуальной проблемой.

Цель исследования – оценка работы суставных сочленений при выполнении силовых упражнений на тренажерах стационарного типа.

**Основная часть.** В процессе исследования для моделирования позы была использована

15-звенная модель тела человека, допускающая до трех степеней свободы в каждом суставе (шарнире). Формализацию данных о позе и ее изменении осуществляли с использованием матричной формы [1] с указанием углов Эйлера, образованных системами координат, сочлененных в суставе звеньев тела. Для наглядности в статье представлены матрицы, описывающие переменную позу, характерные для середины (по времени) выполнения упражнения, для которой характерно близкое к равномерному изменение суставных углов.

Исследование проведено для двенадцати типичных силовых упражнений, выполняемых на стационарных тренажерах станочного типа с нагрузкой, связанной с преодолением силы тяжести. Упражнения в ходе исследования строились с использованием описанной выше модели в соответствии с методическими рекомендациями производителя относительно выполнения силовых упражнений [8].

Матричная запись изменения позы при выполнении упражнения на тренажере приведена на рис. 1. Анализ изменения позы занимающегося показывает, что изменения происходят практически в одном локтевом суставе (выделенные ячейки матрицы). Остальные суставы находятся в режиме обеспечения осанки. Движение в локтевом суставе связано с использованием одной степени свободы, относящейся к сгибательно-разгибательному типу суставного движения [4]. Обращает на себя внимание отсутствие необходимости силового обеспечения сохранения плоскости движения в изменяемом суставе. Оно достигается благодаря жесткому ее выделению конструкцией тренажера.



$$\Phi_{i1} = \begin{bmatrix} 0 & 180 & 0 & 0 \\ 0 & 180 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{i2} = \begin{bmatrix} 80 & 80 & 0 & 0 \\ 80 & 80 & 0 & 0 \\ 45 & 90t & 0 & 0 \\ 45 & 90t & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{i3} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -90 & 0 & 0 \\ 0 & 90 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Рис. 1. Выполнение упражнения на тренажере DSL 204 Biceps Curl

Анализ изменения позы занимающегося на тренажере, приведенном на рис. 2, показывает, что нагружаемые движения происходят в плечевых и локтевых суставах (выделенные ячейки матрицы). При этом в динамическом режиме задействована только одна степень свободы, соответствующая сгибательно-разгибательному типу суставного движения. Остальные суставы работают в режиме обеспечения осанки.

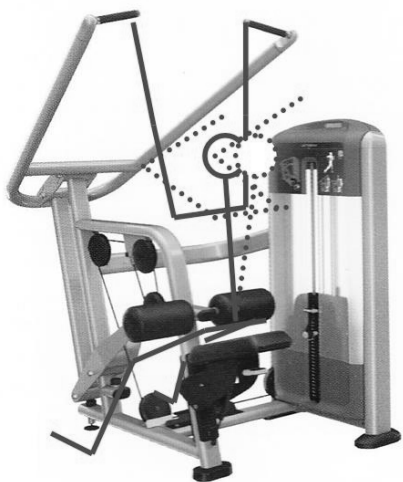


Рис. 2. Выполнение упражнения на тренажере DSL 304 Lat Pulldown

$$\Phi_{ij1} = \begin{matrix} \begin{matrix} 0 & 180 & 0 & 0 \\ 0 & 180 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} & \begin{matrix} \begin{matrix} 80 & 80 & 0 & 0 \\ 80 & 80 & 0 & 0 \\ 180-90t & 90t & 0 & 0 \\ 180-90t & 90t & 0 & 0 \\ 90t & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ \\ \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -90 & 0 & 0 \\ 0 & 90 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \end{matrix}$$

Тренировка с использованием тренажера Prone Leg Curl DSL0606 (рис. 3) характерна эффективной динамической нагрузкой для мышц, обеспечивающих движения в коленном суставе. При этом, как и в рассмотренных ранее случаях, нагрузкой обеспечено движение, соответствующее одной степени свободы, относящееся к сгибательно-разгибательному типу (выделено в матрице серым цветом).

Упражнения, выполняемые на тренажере Leg Press DSL0602 (рис. 4), обеспечивают динамической нагрузкой суставы ног (выделены в матрице серым цветом). Здесь нагружается одна степень свободы, относящаяся к сгибательно-разгибательному типу суставного дви-

жения. Остальные суставы работают в режиме обеспечения осанки.



Рис. 3. Выполнение упражнения на тренажере Prone Leg Curl DSL0606

$$\Phi_{ij1} = \begin{matrix} \begin{matrix} 0 & 180 & 0 & 0 \\ 0 & 180 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} & \begin{matrix} \begin{matrix} 45 & 90t & 0 & 0 \\ 45 & 90t & 0 & 0 \\ 0 & 100 & 0 & 0 \\ 0 & 100 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ \\ \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \end{matrix}$$


Рис. 4. Выполнение упражнения на тренажере Leg Press DSL0602

$$\Phi_{ij1} = \begin{matrix} \begin{matrix} 0 & 180 & 0 & 0 \\ 0 & 180 & 0 & 0 \\ 180 & 0 & 0 & 0 \\ 180 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} & \begin{matrix} \begin{matrix} 110-90t & 110-90t & -30t & 0 \\ 110-90t & 110-90t & -30t & 0 \\ 0 & 100 & 0 & 0 \\ 0 & 100 & 0 & 0 \\ 90t & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ \\ \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -45 & 0 & 0 & 0 \\ 45 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \end{matrix}$$

Упражнения, выполняемые на тренажере Rotary Torso DSL0315 (рис. 5), обеспечивают динамической нагрузкой суставы позвоночного столба (выделены в матрице серым цветом). Здесь нагружается одна степень свободы, относящаяся к ротационному типу суставного движения. Остальные суставы работают в режиме обеспечения осанки.



Рис. 5. Выполнение упражнения на тренажере Rotary Torso DSL0315

$$\Phi_{ij1} = \begin{matrix} \begin{matrix} 0 & 180 & 0 & 0 \\ 0 & 180 & 0 & 0 \\ -90 & 0 & 0 & 0 \\ 90 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} & \begin{matrix} \begin{matrix} 80 & 80 & 0 & 0 \\ 80 & 80 & 0 & 0 \\ 90 & 70 & 0 & 0 \\ 90 & 70 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 90t & 90t & 0 & 0 \end{matrix} \end{matrix} \end{matrix}$$

Тренировка с использованием тренажера Abdominal DSL0714 (рис. 6) обеспечивает динамической нагрузкой суставы позвоночного столба (выделены в матрице серым цветом). Здесь нагружается одна степень свободы, относящаяся к сгибательно-разгибательному типу суставного движения. Остальные суставы работают в режиме обеспечения осанки.

Рассмотренные тренажерные системы в качестве основы используют преодоление гравитационных сил. В то же время выполнение тренировочных упражнений включает в себя разгон и торможение поднимаемых грузов, что приводит к образованию инерционных добавок, которые зависят от ускорений, обеспечиваемых движениями звеньев тела.



Рис. 6. Выполнение упражнения на тренажере Abdominal DSL0714

$$\Phi_{ij1} = \begin{matrix} \begin{matrix} 0 & 180 & 0 & 0 \\ 0 & 180 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} & \begin{matrix} \begin{matrix} 80 & 45 & 0 & 0 \\ 80 & 45 & 0 & 0 \\ 10 & 120 & 0 & 0 \\ 10 & 120 & 0 & 0 \\ 90t & 90t & 0 & 0 \end{matrix} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \end{matrix} \end{matrix}$$

Если рассматривать только поступательное движение груза, то инерционная сила определяется произведением его массы на ускорение. В зависимости от темпа выполнения упражнения добавочная сила может составлять, согласно [10], более 100 % от величины силы тяжести. Инерционная добавка имеет переменный характер, и вопросы ее учета при дозировании нагрузки на данный момент находятся в стадии разработки. Поэтому инерционность можно считать одной из отрицательных сторон использования стационарных тренажерных систем и ставить задачу снижения неконтролируемых воздействий такого типа.

Если рассматривать добавочный момент силы инерции относительно суставов тела тренирующегося, связанный только с ускоренным движением груза, то каждый сустав будет испытывать инерционное силовое воздействие, величина которого зависит от плеча данной силы относительно сустава. В матричном виде величины моментов инерционной силы для

сгибательно-разгибательного типа суставных движений могут быть представлены следующим образом:

$$M_{ин\ ij} = mad_{ij},$$

где  $m$  – масса груза;  $a$  – ускорение груза;  $d_{ij}$  – матрица плеч силы инерционного сопротивления груза для каждого сустава ( $i$  – номер биокинематической цепи;  $j$  – номер сустава).

Воздействие инерционной силы при данном уровне развития техники является неконтролируемым, и ее снижение – важная задача в ходе совершенствования силовых тренажеров. Это может быть достигнуто существенным уменьшением массы перемещаемых грузов и деталей тренажеров.

Другая проблема использования стационарных тренажеров – необходимость рассеивания энергии. Так, при подъеме груза или деформации упругого элемента увеличивается потенциальная энергия, которая должна быть рассеяна к моменту выполнения повторного движения. В большинстве существующих стационарных тренажерах она рассеивается через опорно-двигательный аппарат тренирующегося или поглощается конструкцией, что приводит к быстрому выходу устройства из строя.

В существенной степени снижение инерционности достигается использованием сил негравитационного характера, например силы упругости или диссипативных сил. Одним из примеров использования силы упругости является устройство для тренировки мышц брюшного пресса, приведенное на рис. 7.

В отношении диссипативных сил характерным является использование силы трения во многих тренажерах, применяемых не только в процессе развития силы, но и, главным образом, для тренировки сердечно-сосудистой системы.

Как правило, это различного рода велотренажеры (рис. 8), нагрузка в которых задается через управление силой трения, затрудняющей вращение педалей. Диссипативные тренажеры часто используют силы вязкости, возникающие при перекачивании жидкости между цилиндрами, а также при вращении лопастей винта, находящегося в воздушной среде (концепт).



Рис. 7. Выполнение упражнения на тренажере AB Rocket\*

$$\Phi_{ij1} = \begin{bmatrix} 0 & 180 & 0 & 0 \\ 0 & 180 & 0 & 0 \\ 180 & 0 & 0 & 0 \\ 180 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \Phi_{ij2} = \begin{bmatrix} 0 & 45 & 45 & 0 \\ 0 & 45 & 45 & 0 \\ 20 & 50 & 0 & 0 \\ 20 & 50 & 0 & 0 \\ 90t & 20 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{ij3} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$


Рис. 8. Выполнение упражнения на велотренажере Teambike 800

$$\Phi_{ij1} = \begin{bmatrix} 0 & 180 & 0 & 0 \\ 0 & 180 & 0 & 0 \\ 180 & 0 & 0 & 0 \\ 180 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \Phi_{ij2} = \begin{bmatrix} 40t & 30t & 20t & 0 \\ -40t & -30t & -20t & 0 \\ 80 & 40 & 0 & 0 \\ 80 & 40 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\Phi_{ij3} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

\* Использована фотография тренажера с сайта <http://sport78.ru/product/trenazher-dlja-pressa-i-myshc-spiny-ab-rocket/>

В тренажерных устройствах, использующих силы упругости и диссипативные силы, происходит существенное снижение инерционных сил, поскольку перемещаемые с ускорением массы оказываются существенно меньшими. Однако, как следует из матриц, описывающих позу, нагружаемые суставные движения (как и ранее, выделены серым цветом) получают нагрузку только для одной, как правило, сгибательно-разгибательной степени свободы каждого используемого при выполнении упражнения сустава. Это свидетельствует об отсутствии принципиальных отличий тренажеров такого рода от устройств, использующих преодоление силы тяжести в отношении тренировки мышц, обеспечивающих элементы осанки и управляющие движения, а также в возможности одновременного обеспечения нагрузкой нескольких степеней свободы суставных движений.

## ВЫВОДЫ

1. Современные стационарные силовые тренажеры станочного типа, использующие для обеспечения тренировочной нагрузки преодоление сил тяжести, упругости, сухого и вязкого трения, не обеспечивают создание эффективной динамической нагрузки одновременно на две и более степени свободы суставного движения, характерные для большинства естественных движений человека.

2. Отсутствие необходимости осуществления основных элементов осанки, роль которых выполняют жестко регламентированные конструкцией траектории частей тренажера, связанных со звеньями тела человека, способствует снижению требований к естественной координации мышечных усилий. Это делает проблематичным использование полученных силовых приростов в спорте и повседневной жизни.

3. Важная проблема, которую необходимо решить при оптимизации силовых тренажеров и тренировочных устройств, – это снижение влияния неконтролируемых инерционных воздействий и эффективное рассеяние энергии конструкцией тренажера.

4. Анализ полученных результатов позволяет ставить принципиальную задачу создания новых тренажерных систем с возможностью одновременной нагрузки нескольких степеней свободы суставных движений при минимальной инерционности и возможности эффективного рассеивания энергии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров, В. Т. Биомеханические основы программирования обучающей деятельности при освоении ациклических упражнений (на примере спортивной гимнастики): автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.04 / В. Т. Назаров; ГЦОЛИФК. – М., 1974. – 34 с.
2. Назаров, В. Т. Движения спортсмена / В. Т. Назаров. – Минск: Польша, 1984. – 176 с.
3. Киселев, В. Г. Исследование биомеханики управляющих движений спортсмена в упражнениях на гимнастических снарядах в связи с оптимизацией процесса обучения: автореф. дис. ... канд. пед. наук; 13.00.04 / В. Г. Киселев; ТГУ. – Тарту, 1973. – 25 с.
4. Сотский, Н. Б. Биомеханика: учебник для студентов специальности «Спортивно-педагогическая деятельность» / Н. Б. Сотский; Белорус. гос. ун-т физ. культуры. – Минск: БГУФК, 2005. – 192 с.
5. Рукавицина, С. Л. Программирование обучения упражнениям с обручем в художественной гимнастике: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / С. Л. Рукавицина; БГОИФК. – Минск, 1991. – 24 с.
6. Бельский, И. В. Магия культуризма / И. В. Бельский. – Минск: Мога-Н, 1994. – 306 с.
7. Гришина, Ю. И. Основы силовой подготовки: знать и уметь: учеб. пособие / Ю. И. Гришина. – Ростов н/Д.: Феникс, 2011. – 280 с.
8. Pressor [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://www.precor.com/intl/commercial/products/strength/discovery-strength/selectorized>
9. Назаров, В. Т. Движения спортсмена / В. Т. Назаров. – Минск: Польша, 1984. – 176 с.
10. Якубович, С. К. Об инерционной составляющей силовой нагрузки при выполнении упражнений скоростно-силового характера / С. К. Якубович // Мир спорта. – 2013. – № 3. – С. 22–25.

## REFERENCES

1. Nazarov, V. T. *Biomechanicheskie Osnovy Programirovaniya Obuchajushhej Dejatel'nosti pri Osvoenii Aciklicheskikh Uprazhnenij (na Primere Sportivnoj Gimmastiki). Avtoref. dis. d-ra ped. nauk* [Biomechanical Fundamentals for Training Activity Programming While Mastering Acyclic Exercises (Artistic Gymnastics Taken as an Example). Author's Abstract for a Science Degree of Doctor of Pedagogical Sciences]. Moscow, 1974 (in Russian).

2. **Nazarov, V. T.** (1984) *Motions in Sports*. Minsk, Polymia (in Russian).

3. **Kiselev, V. G.** *Issledovanie Biomehaniki Upravljajushhih Dvizhenij Sportsmena v Uprazhnenijah na Gimnasticheskikh Snarjadah v Svjazi s Optimizaciej Processa Obuchenija*. Avtoref. dis. kand. ped. nauk [Investigations of Biomechanics in Sportsman Controlling Motions while Making Exercises at Gymnastic Apparatusesi Connection With Optimization of Training Process. Author's Abstract for a Science Degree of Candidate of Pedagogical Sciences]. Tartu, 1973 (in Russian).

4. **Sotsky, N. B.** (2005) *Biomechanics*. Minsk: Belarusian State University of Physical Culture (in Russian).

5. **Rukovitsyna, S. L.** *Programmirovanie Obuchenija Uprazhnenijam s Obruchem v Hudozhestvennoj Gimnastike*. Avtoref. diss. kand. ped. nauk [Programming for Hoop Event Training in Rhythmic Gymnastics. Author's Abstract for

a Science Degree of Candidate of Pedagogical Sciences]. Minsk, 1991 (in Russian).

6. **Belsky, I. V.** (1994) *Magic Bodybuilding*. Minsk, Moga-N 306 p. (in Russian).

7. **Grishina, Yu. I.** (2011) *Fundamentals of Strength Training to Know and Be Able To*. Rostov-on-Don, Fenix (in Russian).

8. **Pressor** (2014) Available at: <http://www.precor.com/intl/commercial/products/strength/discovery-strength/selected>

9. **Nazarov, V. T.** (1984) *Motions in Sports*. Minsk, Polymia (in Russian).

10. **Yakubovich, S. K.** (2013) About Inertial Component of Power Loading While Making Speed and Strength Exercises. *Mir Sporta* [World of Sports], 3, 22–25 (in Russian).

Поступила 14.03.2014