

УДК 371.693.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ТРЕНАЖЕРА С РЕГУЛИРОВОКОЙ ДЛИНЫ ШАГА И НАКЛОНА РУЧЕК

Хорохордин Глеб Сергеевич

студент

Новосибирский государственный технический университет
г. Новосибирск, Россия**Жилина Дарья Александровна**

студентка

Новосибирский государственный технический университет
г. Новосибирск, Россия**Гладков Леонид Михайлович**

студент

Новосибирский государственный технический университет
г. Новосибирск, Россия**Чусовитин Николай Анатольевич**к.т.н., доцент кафедры «Проектирование технологических машин» Новосибирского
государственного технического университета (НГТУ)

г. Новосибирск, Россия

e-mail: tmm800@mail.ru

Аннотация

В статье рассмотрен механизм эллиптического тренажера, его принцип работы. По заданной кинематической схеме была построена модель орбитрека в системе проектирования КОМПАС-3D, а затем и физическая модель путем печати на 3D-принтере. Смоделированный тренажер демонстрирует возможность регулировать длину шага и наклон ручек с учетом роста и особенностей людей.

Ключевые слова: эллиптический тренажер, эллипсоид, модель, моделирование, шаг.

MODELING AND VISUALIZATION OF THE ELLIPTICAL TRAINER MECHANISM WITH STEP LENGTH AND HANDLE INCLINATION ADJUSTMENT

Gleb S. Khorokhordin

student

Novosibirsk State Technical University

Novosibirsk, Russia

Darya A. Zhilina

student

Novosibirsk State Technical University

Novosibirsk, Russia

Leonid M. Gladkov

student

Novosibirsk State Technical University

Novosibirsk, Russia

Nikolay A. Chusovitin

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Design of Technological Machines" of Novosibirsk State Technical University (NSTU)

Novosibirsk, Russia

e-mail: tmm800@mail.ru

ABSTRACT

The article deals with the mechanism of elliptical trainer, its working principle. Based on the given kinematic scheme, a model of the elliptical trainer was built in KOMPAS-3D design system, and then a physical model was built by 3D-printing. The modeled simulator demonstrates the possibility to adjust the step length and inclination of handles taking into account people's height and peculiarities.

Keywords: elliptical trainer, ellipsoid, model, simulation, step.

Введение

В современном мире активность человека снижена из-за автоматизации всех процессов, при этом, чтобы сберечь здоровье и улучшить свое самочувствие, занятия физической культурой просто необходимы. По тем или иным причинам, некоторые люди не могут выделить время для занятий спортом на улице или в тренажерном зале, а другие вовсе имеют противопоказания к усиленным тренировкам.

Оптимальным решением становится эллиптический тренажёр (в некоторых источниках орбитрек), который может заменить велотренажер, беговую дорожку и гребной тренажер одновременно, приводя в действие все мышцы тела. Эллиптическое устройство для физических упражнений описано в [1]. Универсальность эллипсоида и его достоинства отмечаются во многих статьях, например в [2, 3]. Главное преимущество орбитрека — снятие нагрузки с позвоночника и суставов. Существуют патенты на модифицированные эллипсоиды. Один из них [4] направлен на укрепление опорно-двигательной системы и позвоночного столба.

При движении на эллипсоиде педали вдавливаются в пол и требуют работы рук, что распределяет усилия равномерно по всему телу человека, нагружая плечевой пояс, спину, грудь, бедра и пресс. Движения, совершаемые на тренажере, естественны, они имитируют лыжную ходьбу. В комплексе сердечно-сосудистая система стимулируется равномерным и продолжительным движением, повышая пульс до 140 ударов в минуту, что является отличной кардиотренировкой [5-7]. В [8] было предложено усовершенствование известного эллиптического тренажера в виде возможности выполнения приставного шага, ходьбы боком и других упражнений на орбитреке.

Так как классический эллипсоид не требует специальной подготовки, то тренажер подходит и опытным, и новичкам, людям любого возраста и пола. В данной статье моделируется эллиптический тренажер с регулируемой длиной шага и наклоном ручек для возможности использования людьми с разными антропометрическими данными. Длина шага подбирается исходя из роста человека. Если длина шага будет недостаточной, то теряется эффективность тренировки, и неправильно распределяется нагрузка, в особенности, увеличивается воздействие на суставы. Следовательно, длина шага для людей ростом 160 см и 185 см будет разная.

Более подготовленные пользователи, не имеющие проблем со здоровьем, могут использовать усложненные варианты занятий на орбитреке: меняя наклон ручек, будут прорабатываться мышцы определенных частей тела. При обратном движении тренажера задействованы ягодичные, икроножные мышцы и подколенное сухожилие. Другой вариант тренировки — подъем в гору с наклоном тела вперед. В этом случае работает четырехглавая мышца, голень и икроножные мышцы и, в особенности, прорабатываются ягодичные мышцы. Еще один метод занятий — отклонение назад. Начинают работать мышцы бедра, брюшного пресса и спины [9]. Таким образом, меняя наклон ручек орбитрека, можно добиться совершенно разного результата и эффекта.

В системе автоматизированного проектирования КОМПАС-3D нами была разработана схема эллиптического тренажера с упомянутыми ранее регулируемыми параметрами. На рисунке 1 представлена схема-описание переднеприводного эллиптического тренажера.

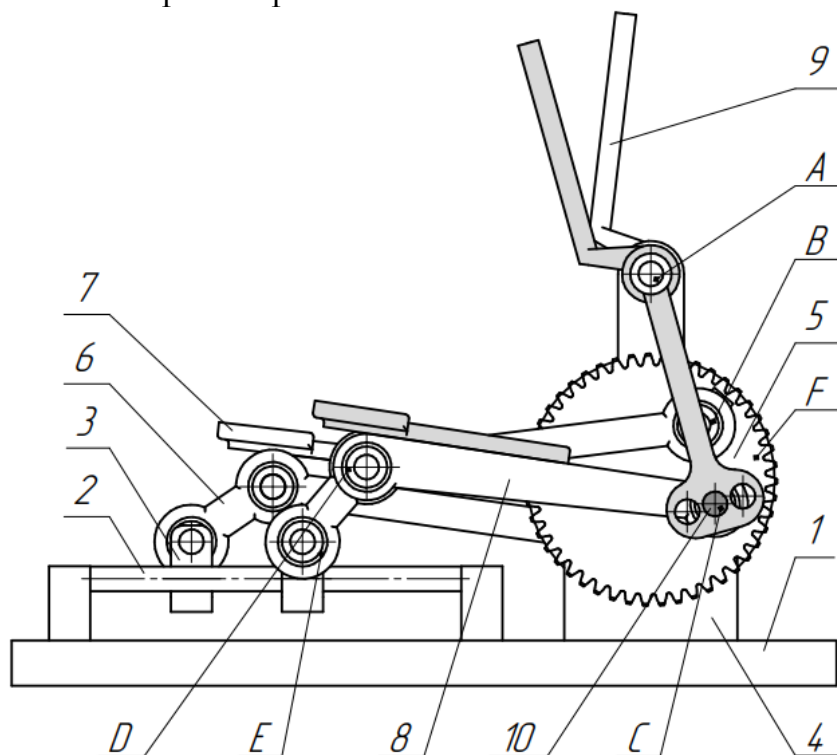


Рисунок 1. Общая схема-описание модели переднеприводного орбитрека

Модель переднеприводного эллиптического тренажера содержит низшие кинематические пары (А, В, С, D, Е), высшую кинематическую пару (F) и состоит из следующих элементов:

- опора (1), на которой закреплена вся конструкция;
- салазки (2), по которым происходит скольжение направляющих (3);
- стойка (4);
- маховики (5), установленные в передней части орбитрека, расположенные на одной оси;
- средние шатуны (6), присоединенные к маховикам (5), что приводит к движению платформ для ног (7) по эллиптической траектории;
- платформы для ног (7), с фиксацией на шатуне (8);
- ручки (9) с тремя возможными углами наклона по отношению к опоре (1), закрепленные осями (10) в отверстиях маховиков (5).

Рисунок 2(а) показывает три возможных закрепления оснований ручек для изменения их наклона по отношению к опоре. Среднее положение ручек (9М) нейтральное, левое (9L) — создает отклонение тела назад, правое (9R) — имитирует подъем в гору с наклоном тела вперед. Платформы для ног (7) могут быть закреплены практически по всей длине шатуна (8), что так же изменяет наклон тела в большую или меньшую сторону по отношению к стойке (4). На рисунке 2(б) показаны три возможных положения платформ: среднее (7А), крайнее левое (7В) и крайнее правое (7С).

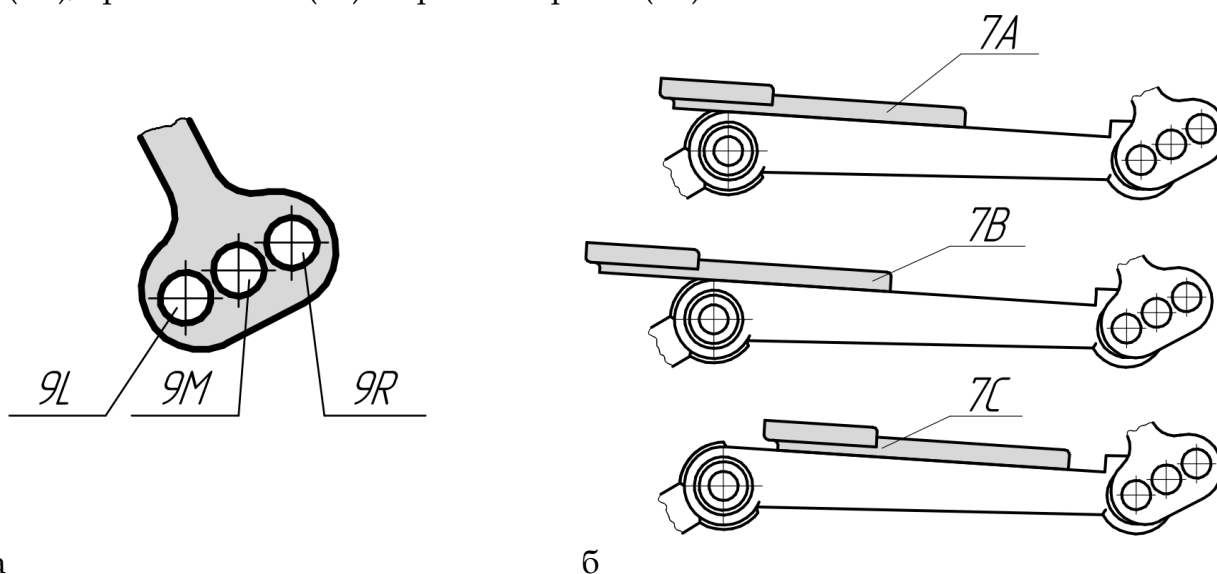


Рисунок 2. Возможности регулировки наклона тела с помощью изменения положения ручек и платформ: а — три возможных закрепления оснований ручек, б — три из нескольких возможных закреплений платформ для ног

Таким образом, на рисунке 1 ручки переведены в положение (9М), а платформы для ног находятся в положении (7А). Руки пользователя при выполнении упражнения совершают качающиеся движения, находятся в противофазе, так же, как и платформы для ног, которые осуществляют движение по траектории эллипса.

На рисунке 3(а) представлено закрепление шатуна (6) в отверстии маховика (5) в разрезе. Длина шага изменяется путем изменения положения вала в прямоугольной прорези маховика (рис.3б, в). При ослаблении прижимной гайки (Г) вал (У) может двигаться на необходимое расстояние в прорези маховика (5). Форма отверстия выбрана таким образом, чтобы часть вала квадратного сечения не проворачивалась в маховике. На конце

вала выполнено расширение для упора в тело маховика при закручивании гайки. На рисунке 3(б,в) изображены два крайних положения: $L_{\max}$ и $L_{\min}$. По мере отдаления закрепления шатуна (6) от центра маховика (5), длина шага будет увеличиваться. Например, в положении $L_{\max}$ длина шага составляет 50 см.

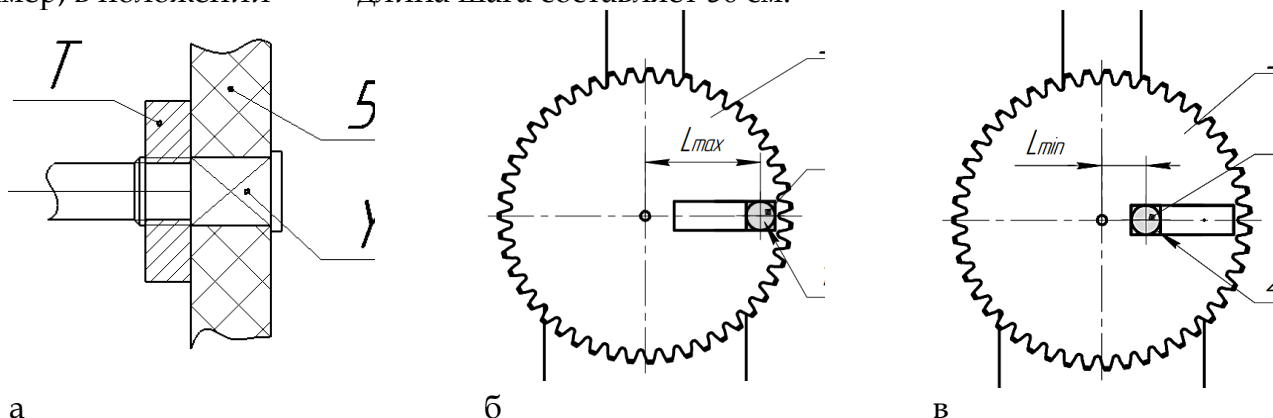


Рисунок 3. Закрепление шатуна (6) в маховике (5): а — крепление шатуна с помощью гайки и вала, б — максимальная длина шага, в — минимальная длина шага

На рисунке 4 изображена 3D-модель эллиптического тренажера, созданная нами в трехмерной системе проектирования.

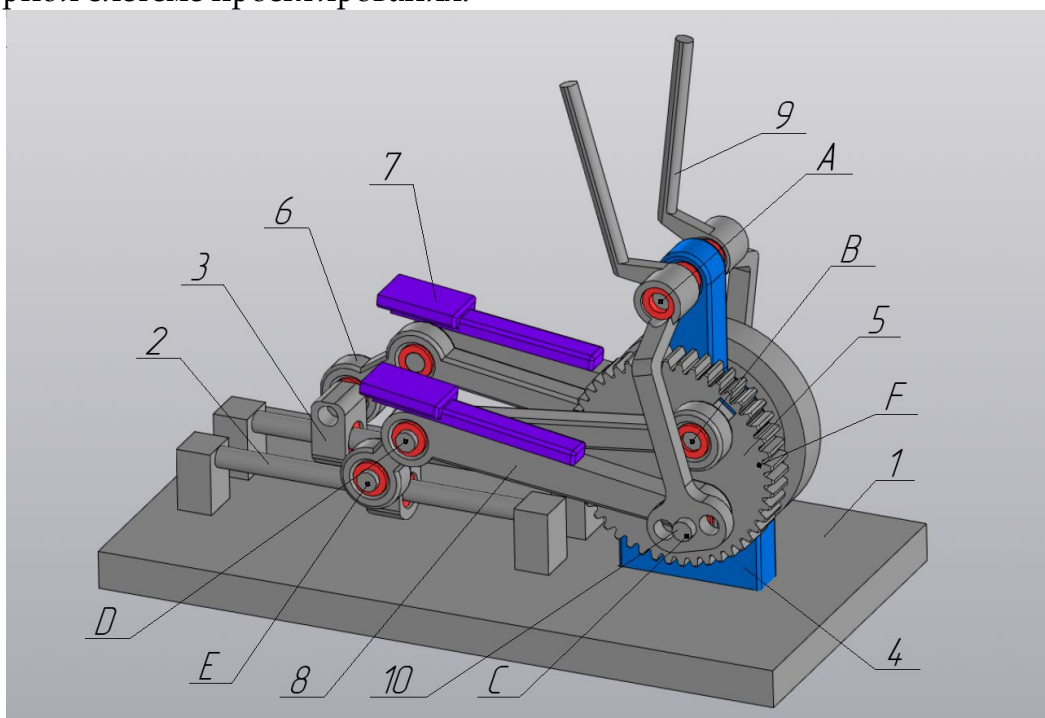


Рисунок 4. Виртуальная модель орбитрека, полученная моделированием в системе КОМПАС-3D

Согласно формуле Чебышева, определим число степеней свободы механизма относительно неподвижной стойки (4) [10]:

$$W = 3n - 2p_H - p_B, \quad (1)$$

где: n — число подвижных звеньев механизма;

p_H — число низших кинематических пар;

p_B — число высших кинематических пар.

Звено — это совокупность деталей, которая не имеет между собой относительного движения. В представленном эллиптическом тренажере звеньями являются маховики (5),

шатуны (6) и (8), ручки (9). Низшие кинематические пары имеют соприкосновения по поверхности конечных размеров, а высшие — по линиям или точкам. В нашем случае низшими кинематическими парами являются шарниры, соединяющие звенья между собой:

- шарнир (А) соединяет средние части ручек (9) и стойки (4);
- шарнир (В) — маховики (5) и шатуны (6);
- шарнир (С) — основания ручек (9) и шатуны (8);
- шарнир (D) — шатуны (8) и шатуны (6);
- шарнир (Е) — шатуны (6) и направляющие (3).

В роли высшей кинематической пары выступает зубчатое зацепление (F). Так как эллиптический тренажер состоит из двух половин, содержащих одинаковые элементы, то проведя подстановку в (1),

$$n = 4, p_H = 5, p_B = 1,$$

где $n(5, 6, 8, 9), p_H(A, B, C, D, E), p_B(F)$, определим подвижность одной из сторон механизма:

$$W = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 5 - 1 = 1$$

Таким образом, степень подвижности равняется единице, что соответствует перемещению механизма в одном независимом направлении. Одна степень подвижности обеспечивает устойчивость тела во время выполнения упражнения, тренирующийся не прилагает дополнительные усилия для сохранения равновесия на тренажере.

Перед началом занятий ручки эллиптического тренажера должны быть зафиксированы в одном из трех положений в соответствии с программой тренировок для прорабатывания определенных групп мышц тела человека. Положение платформ для ног подбирается с учетом роста человека. Зависимость минимальной длины шага от роста представлена в таблице 1 [11]. Длина шага — это расстояние между серединами платформ, которые находятся в максимально отдаленном положении друг от друга.

Таблица 1. Минимальная длина шага в зависимости от роста тренирующегося

Рост, см	200	190-195	185-190	180-185	175-180	170-175	165-170	160-165	155-160	155
Минимальная длина шага, см	50	47	45	40	38	37	35	34	33	30

Во избежание лишней нагрузки на коленные суставы и уменьшения результативности занятий, длина шага не должна быть меньше тех значений, которые приведены в таблице 1. Зная свой рост, тренирующийся закрепляет шатуны (6) в отверстиях маховиков (5) в соответствии со справочными данными. Пользователь встает на платформы для ног, держась за ручки, занимает положение напротив стойки. Приводя в движение ручки и платформы, начинает процесс выполнения упражнения. Сохраняя равновесие, происходит тренировка мышц и разрабатываются суставы.

Путём печати на 3D-принтере была построена физическая модель переднеприводного эллиптического тренажера, представленная на рисунке 5, с регулированием наклона ручек и изменением длины шага. Модель носит демонстративный характер.

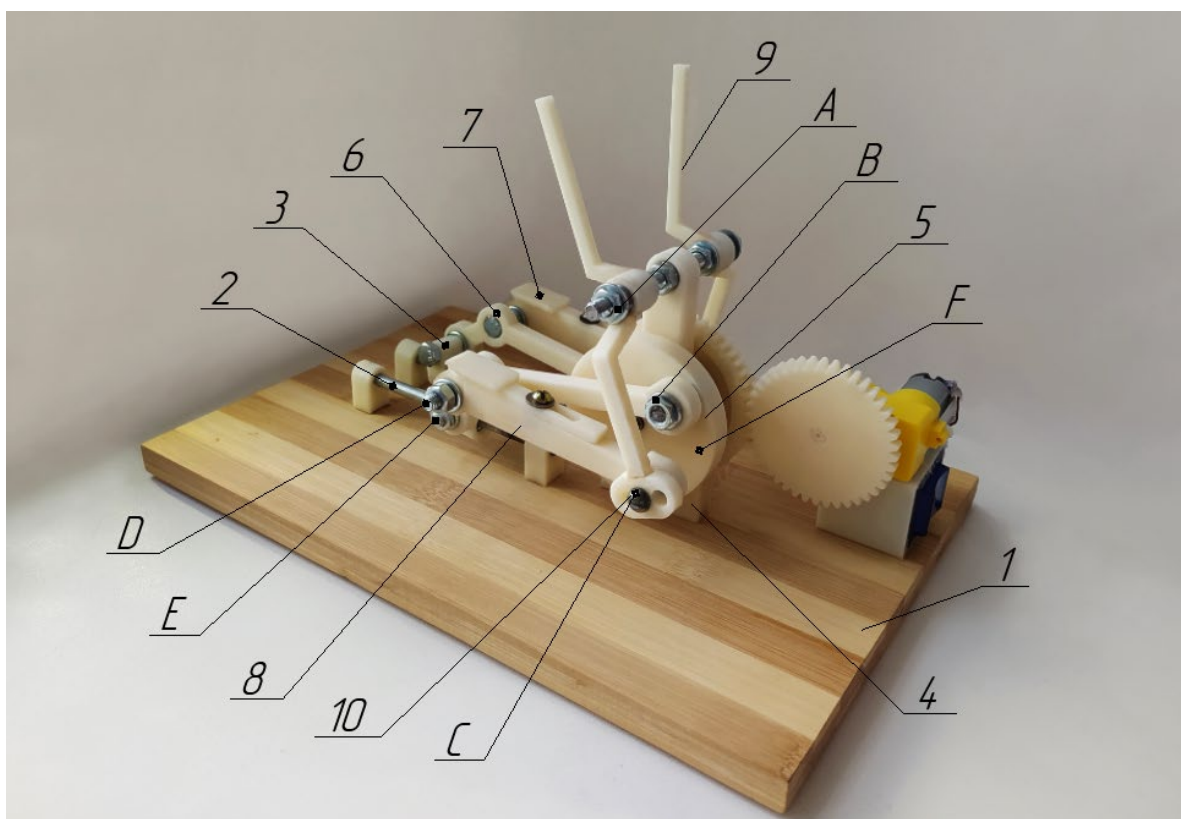


Рисунок 5. Физическая модель эллиптического тренажера, полученная путем печати на 3D-принтере

Авторы считают, что данные дополнения эллиптического тренажера, с настраиваемыми индивидуальными параметрами, делают орбитрек универсальным, подходящим для любого человека, увлекающегося занятиями спортом. Такие персональные тренировки становятся более эффективными и комфортными, что ставит предложенный эллиптический тренажер в преимущество перед другими орбитреками, которые используют в настоящее время. Также, приспособленность к удобному использованию популяризирует физическую активность и здоровый образ жизни, что актуально в наши дни.

Список литературы:

1. Эллиптическое устройство для физических упражнений [Текст]: пат. 2707319 Рос. Федерация: МПК А63В 22/00.
2. Соболенко А.И. Особенности использования эллипсоидных тренажеров. — Актуальные научные исследования в современном мире, 2018. №11-5(43). С.147-152.
3. Карева Ю.Ю., Дильман Н.А., Саратова Л.Е., Скрипко А.Д. Современные домашние кардиотренажеры. — Olympius. Гуманитарная версия, 2021. №1(12). С.103-106.
4. Биокинетический эллипсоид Ахметова для разработки и укрепления позвоночного столба и всей опорно-двигательной системы в комплексе и его варианты [Текст]: пат. 2706598 Рос. Федерация: МПК А63В 23/04, А63В 22/00.
5. Большев А.С., Сидоров Д.Г., Овчинников С.А. Частота сердечных сокращений. Физиолого-педагогические аспекты: учеб. пособие. — Н.Новгород: ННГАСУ, 2017. 76 с.
6. Жаброва Т.А., Талашко В.В. Тренажеры как дополнительное средство повышения качества и эффективности учебно-тренировочного процесса. Физическая культура в

системе профессионального образования: сб. материалов III всероссийской научно-практической конф. — Омск: ОмГАУ, 2018. С.14-17.

7. Абрамович Т.А., Дарануца К.С. Оценка эффективности использования орбитрека. НИРС-2019: материалы 75-й студенческой научно-технической конф. — Минск: БНТУ, 2019. С.219.
8. Многофункциональный эллиптический тренажер [Текст]: пат. 2511544 Рос. Федерация: МПК А63В 22/04.
9. Лоскутова И.В., Либрихт А.И. Тренажерный зал в физическом воспитании студентов: метод. пособие. — Томск: ТПГК, 2018. 38 с.
10. Чусовитин Н.А. Теория механизмов и машин. Курс лекций: учеб. пособие. — Новосибирск: НГТУ, 2020. 203 с.
11. Комин А.О., Александрова М.С. Рекомендации по выбору и применению эллиптических тренажеров. Молодой исследователь: материалы V студенческой научно-практической конф. — Йошкар-Ола: МарГУ, 2021. С.213-215.

References:

1. Elliptical device for physical exercises [Text]: Pat. 2707319 Russian Federation: IPC A63B 22/00.
2. Sobolenko A.I. Peculiarities of using ellipsoidal exercise machines. — Actual scientific research in the modern world, 2018. №11-5(43). P.147-152.
3. Kareva J.J., Dilman N.A., Saratova L.E., Skripko A.D. Modern home cardio-trainer. — Olymplus. Humanitarian version, 2021. №1(12). P.103-106.
4. Akhmetov's biokinetic ellipsoid for the development and strengthening of the spinal column and the entire musculoskeletal system in complex and its variants [Text]: Pat. 2706598 Russian Federation: IPC A63B 23/04, A63B 22/00.
5. Bolshev A.S., Sidorov D.G., Ovchinnikov S.A. Heart Rate. Physiological and pedagogical aspects: textbook. — N. Novgorod: NNGASU, 2017. 76 p.
6. Zhabrova T.A., Talashko V.V. Simulators as an additional means of improving the quality and effectiveness of educational and training process. Physical culture in the system of professional education: collection of materials of the III All-Russian scientific-practical conference. — Omsk: OmSAU, 2018. P.14-17.
7. Abramovich T.A., Daranutsa K.S. Evaluation of the effectiveness of the elliptical trainer. NIRS-2019: materials of the 75th Student Scientific and Technical Conference. — Minsk: BNTU, 2019. P.219.
8. Multifunctional elliptical trainer [Text]: Pat. 2511544 Russian Federation: IPC A63B 22/04.
9. Loskutova I.V., Libriht A.I. Gym in the physical education of students: method. manual. — Tomsk: TIHC, 2018. 38 p.
10. Chusovitin N.A. Theory of mechanisms and machines. Course of lectures: textbook. — Novosibirsk: NSTU, 2020. 203 p.
11. Komin A.O., Aleksandrova M.S. Recommendations on the selection and use of elliptical simulators. Young Researcher: Materials of the V Student Scientific-Practical Conference. — Yoshkar-Ola: MarSU, 2021. P.213-215.