

С.Д. КАЗАРЯН, М.Г. АРУТЮНЯН, Н.Б. ЗАКАРЯН,  
Ю.Л. САРГСЯН, С.В. ВЕРЛИНСКИЙ

### КОНСТРУКЦИЯ АССИСТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С ГИБКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ДЛЯ ХОДЬБЫ И ПРИСЕДАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Предложена конструктивная схема уравновешенного портативного ассистирующего устройства с двумя степенями свободы (2-СС) и гибкими элементами для ходьбы и приседания человека. Произведен сравнительный анализ предложенной конструкции с ранее разработанными и выявлены ее преимущества.

**Ключевые слова:** ассистирующее устройство, статическое уравновешивание, гибкий элемент.

**Введение.** Устройства-ассистенты (ортезы, экзоскелетоны, вертикализаторы, подъёмники, инвалидные коляски и пр.) - это механические или электромеханические (мехатронные) устройства, предназначенные для реабилитации / поддержки функций опорно-двигательного аппарата человека [1-10]. При надевании таких дублирующих устройств на тело человека образуются биомеханические (биомехатронные) системы.

Авторами ранее были предложены различные схемы устройств – ассистентов как для ходьбы [1,2] или приседания человека [3,6], так и универсальные: для ходьбы и приседания человека (рис. 1 а) [4,5], в которых использовались две различные цилиндрические пружины, поочередно присоединяющиеся и отключающиеся от биомеханической системы, учитывая разнонаправленность их действий.

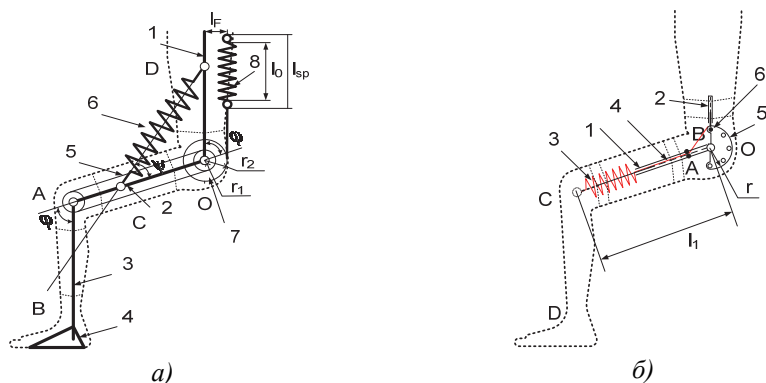


Рис. 1. Устройства-ассистенты для ходьбы и приседания человека:  
а - с цилиндрическими пружинами, б - с эластичным элементом и регулятором направления уравновешивающей силы

Позднее были предложены также схемы ортезов с использованием эластичного элемента, обеспечивающего максимальную эффективность при минимальных его размерах и массе, и возможностью дозированного перенаправления уравнивающей силы роликом, полуроликом либо кулачком (рис. 1 б: элемент нарисован схематично) [7-9]. При этом требования к проектированию сводились к обеспечению их портативности, эффективности, эргономичности и низкой себестоимости. Проведенный численный анализ выявил их преимущества и недостатки, а именно, несмотря на простоту их конструкции, они могут быть применены в случаях, когда пациенту каким-либо образом обеспечивается частичная уравновешенность как при ходьбе, так и при приседании.

Даже если акцентировать на полной уравновешенности ноги человека при ходьбе, в любом случае при приседании имеет место лишь частичная уравновешенность. При этом неуравновешенность можно частично уменьшить отводом рук вперед или изменением положения центра масс торса.

**Устройство–ассистент с 2-СС.** Предложена конструкция многоцелевого устройства–ассистента с 2-СС и гибкими элементами для ходьбы, приседания и фиксации человека в положении стоя (рис.2). Устройство обладает рядом преимуществ: портативностью, регулируемостью, малогабаритностью, высокой эффективностью, универсальностью, эргономичностью и низкой себестоимостью. Здесь регулируемый ортез (см. рис.2: телескопические звенья 1 и 2 соединены кинематической парой) фиксируется на бедре и пояснице человека с помощью поясов, либо может вставляться в предусмотренные кармачики специальных ортопедических шортов. Эластичный элемент 3 устанавливается вдоль звена 2 и свободным концом с помощью троса 4 отводится к полуролику 5, который имеет позиционные отверстия для фиксации и дефиксации к звену 1 посредством фиксатора 6. Позиционные отверстия на полуролике 5 выполняются в каждом конкретном случае индивидуально в зависимости от размера диаметра самого ролика, массы пациента, величин углов поворота ног при ходьбе и торса при приседании, типа и допустимого хода эластичного элемента, а также от требуемого дозирования реабилитационных нагрузок.

Простым поворотом полуролика 5 по часовой либо против часовой стрелки изменяется назначение эластичного элемента 3, и система при этом работает ассистентом для ходьбы, либо ассистентом для приседания человека.

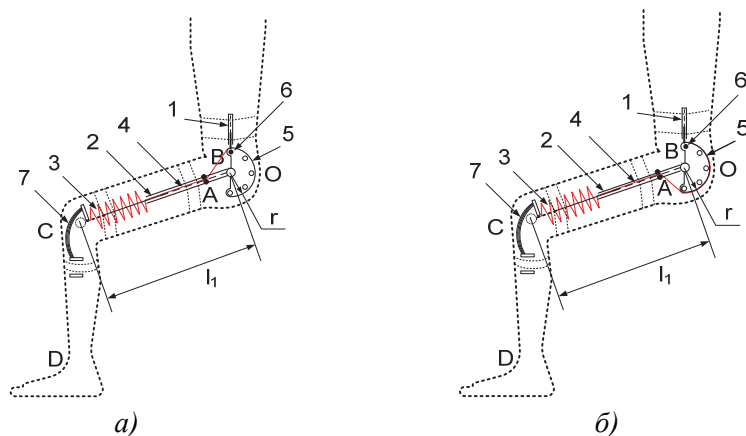


Рис. 2. Схема предлагаемого портативного устройства–ассистента с 2-СС и гибкими элементами: а- при ходьбе, б- при приседании

Введением в систему группы гибких пластин 7 [10], которые крепятся одним концом к звену 2, а другим свободным концом при помощи ремней - к голени человека, обеспечивается статическое уравнивание голени и стопы в сагиттальной плоскости при ходьбе. Таким образом, имеем не только статическое уравнивание ноги в целом относительно тазобедренного сустава, но и голени со стопой относительно коленного сустава. В отличие от уравнивающего момента, создаваемого эластичным элементом 3 в области тазобедренного сустава, уравнивающий момент, создаваемый гибкими пластинами 7 в области коленного сустава, не надо перенаправлять при ходьбе или приседании, так как работа этих пластин направлена для обоих случаев. Как следствие, добавим, что уравнивающий момент в области коленного сустава, содействуя уравнивающему моменту в области тазобедренного сустава, способствует уменьшению неуравновешенности при приседании.

При конкретных данных на проектирование нетрудно провести расчет ассистирующего устройства и представить численный пример, однако в данной статье мы ограничились представлением конструктивной схемы, поскольку аналогичные расчеты приводились в наших предыдущих работах [1-9]. Добавим лишь, что соотношения необходимых максимальных уравнивающих сил, развиваемых эластичными элементами при ходьбе и приседании, соотносятся в диапазоне от трех до пяти раз.

**Заключение.** Предложенная конструкция ортеза для ходьбы и приседания человека является портативной, регулируемой, легко дозируемой и малогабаритной по сравнению со своими предшественниками [1-6]. Она повышает его эффективность, универсальность, эргономичность и понижает себестоимость.

Следует отметить, что здесь не рассмотрены добавочные механизмы для обеспечения удобного контроля и позиционирования уравнивающей системы. Эти решения могут быть механическими: в виде суперпозиционных роликов, редукционных зубчатых передач, и мехатронными: в виде контроллеров, датчиков, малогабаритных электромоторов и прочих актуаторов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Arakelian V., Ghazaryan S.** Gravity balancing of the human leg taking into account the spring mass// Proceedings of the 9th International Conference on Climbing and Walking Robots (CLAWAR), 12-14 September 2006. - Brussels, Belgium, 2006.- P. 630-635.
2. **Arakelian V., Ghazaryan S.** Improvement of balancing accuracy of robotic systems: Application to leg orthosis for rehabilitation devices // International Journal of Mechanism and Machine Theory, Elsevier.-2008.- 43(5).- P. 565-575.
3. **Казарян С.Д., Саргсян С.А., Аракелян В.Г., Арутюнян М.Г.** Проектирование экзоскелетона-ассистента приседания и вставания человека // Известия Национальной академии наук Армении и ГИУА (Политехник) - Ереван, 2011.-Т.- LXIV, №.2.- С. 121-128.
4. **Казарян С.Д., Саргсян С.А., Аракелян В.Г., Арутюнян М.Г.** Проектирование экзоскелетона-ассистента ходьбы и приседания человека // Известия Национальной академии наук Армении и ГИУА (Политехник) - Ереван, 2011.- Т.- LXIV, №.4.- С. 343-349.
5. **Арутюнян М.Г., Казарян С.Д., Саргсян С.А., Аракелян В.А.** Уравнивание экзоскелетона-ассистента ходьбы и приседания // Машиностроение и техносфера XXI века: Сборник трудов XVIII Международной научно-технической конференции в г. Севастополе, 12-17 сентября 2011 г. В 4-х томах. - Донецк: ДонНТУ, 2011. - Т. 4. - С 37-40.
6. **Казарян С.Д., Арутюнян М.Г., Аракелян В.А.** Концепция проектирования квазистатически уравновешенных многоцелевых экзоскелетонов // Вестник ГИУА– Ереван, 2013.- Выпуск 16, N 2.– С. 46-50.
7. **Казарян С.Д., Арутюнян М.Г.** Разработка конструкций портативного ортеза для ходьбы и приседания // Вестник НПУА: Механика, машиноведение, машиностроение. – Ереван, 2017. – N2. – С. 43-52.
8. **Казарян С.Д., Арутюнян М.Г.** Разработка портативного ортеза для ходьбы и приседания человека // Вестник НПУА: Сборник научных статей. – Ереван, 2018. – N2. – С. 435-439.
9. **Ghazaryan S.D., Harutyunyan M.G.** The Design of Multi-purpose Portable Movable Orthosis // ROMANSY 2018. 22nd CISM IFToMM Symposium on Robot Design, Dynamics and Control, June 25-28, 2018.- Rennes, France,2018 - P. 296-303.
10. **Push med Knee Brace** - коленный ортез: <https://orteka.ru/catalog/ortezy/>.

**Ս.Դ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Մ.Գ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Ն.Բ. ԶԱԲԱՐՅԱՆ,  
Յու.Լ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Ս.Վ. ՎԵՐԼԻՆՍԿԻ**

**ՃԿՈՒՆ ՏԱՐԵՐՈՎ ԱՍԻՍՏԻՎ ՍԱՐՔԻ ԿՈՆՍՏՐՈՒԿՏԻԱ՝  
ՄԱՐԴՈՒ ՔԱՅԼԵԼՈՒ ԵՎ ՆՍՏԵԼՈՒ ՀԱՄԱՐ**

Առաջարկված է երկու ազատության աստիճանով և ճկուն տարրերով հավասարակշռված դյուրակիր ասիստիվ սարքի կոնստրուկտիվ սխեմա՝ մարդու քայլելու և նստելու համար: Կատարվել է առաջարկված կոնստրուկցիայի համեմատական վերլուծություն նախկինում մշակվածների հետ, և պարզաբանված են դրա առավելությունները:

**Առանցքային բառեր.** ասիստիվ սարք, ստատիկ հավասարակշռում, ճկուն տարր:

**S.D. GHAZARYAN, M.G. HARUTYUNYAN, N.B. ZAKARYAN,  
Yu.L. SARGSYAN, S.V. VERLINSKI**

**CONSTRUCTING AN ASSISTANT DEVICE WITH FLEXIBLE  
ELEMENTS FOR WALKING AND SITTING OF A HUMAN**

A constructive scheme with 2-DOF and flexible elements for a balanced portable assistant device for walking and sitting of a human is proposed. A comparative analysis of the proposed construction with the previously developed ones is performed, and its advantages are revealed.

**Keywords:** assistant device, static balancing, flexible element.

ՀՏԴ 62-8:621.3.082.73

**Ն.Հ. ՀԱԿՈԲՅԱՆ, Ա.Ն. ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ**

**ԷԿՉՈՍԿԵԼԵՏՈՆԱՅԻՆ ԱԿՏԻՎ ՄՈԴՈՒԼԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ՝  
ՊԻԵԶՈԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԱԼԻՔԱՅԻՆ ԹՐԹՈՒՇԱՐԺԻԶԻ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ**

Մոդելավորվել է պիեզոէլեկտրական (թրթռաշարժաբերի) ակտիվ տարրը՝ սալիկը, հետազոտվել է դրա լարվածադեֆորմացիոն վիճակը՝ ANSYS ծրագրային փաթեթի միջոցով: Ներկայացվել են մատի շարժումներին օժանդակող լծակավոր նոր վերականգնողական սարք և դրա կինեմատիկական ու դինամիկական բնութագրերը: Առաջարկվել է ակտիվ մոդուլի նոր կոնցեպտ՝ վիբրաշարժաբերի գործադիր օղակի վերականգնողական սարքին միացնելու ճանապարհով:

**Առանցքային բառեր.** ակտուատոր, պիեզոսալիկ, ալիքային վիբրաշարժիչ, էկզոսկելետոնի մոդուլ, լարվածադեֆորմացիոն վիճակ:

**Ներածություն:** Վերականգնողական սարքերի ակտիվ մոդուլը շարժաբերի և մեխանիկական համակարգի համակցությունն է: Աշխատանքում մեխանիկական մասը ներկայացված է թերակտուացված ակոսավոր լծակավոր մեխանիզմի տեսքով, իսկ շարժիչայինը՝ PiezoWave մակնիշի շարժիչով [1-7]: