

УДК 616.8

## ПАТЕНТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСОСКЕЛЕТОВ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОГО НАПРАВЛЕНИЯ БУДУЩИХ РАЗРАБОТОК В ЭТОЙ ОБЛАСТИ: АНАЛИЗ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ

Пенин А. С., Пенина Г. О., Ткалич В. Л.

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
Информационных Технологий, Механики и Оптики**Санкт-Петербургский институт усовершенствования врачей-экспертов*

## PATENT STUDY OF THE EXOSKELETON TO DETERMINE THE PROBABLE DIRECTION OF FUTURE DEVELOPMENTS IN THIS AREA: AN ANALYSIS OF OPEN SOURCES

Penin A. S., Penina G. O., Tkalich V. L.

*Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics  
and Optics  
St. Petersburg Institute for Advanced Medical Experts of the Ministry of Labor of the  
Russian Federation*

### Аннотация

Анализ данных открытых источников информации, проводимый в статье, демонстрирует, что основными направлениями разработки экзоскелетов были и остаются сферы медицины, в частности реабилитация пациентов с ограниченными возможностями здоровья, и промышленности, где экзоскелеты применяются для увеличения грузоподъемности и повышения выносливости операторов. По этим направлениям зарегистрировано наибольшее число патентов как в России и СНГ, так и за рубежом. Вместе с тем, без сомнения, ведутся разработки и в военной сфере, но доступ к информации о них ограничен.

**Ключевые слова:** экзоскелет, анализ, патенты

### Abstract

The analysis of data from open sources of information, conducted in the article, shows that the main directions of the development of exoskeletons were and remain the spheres of medicine, the rehabilitation of patients with disabilities in particular, and the industry where exoskeletons are used to increase the load capacity and increase the endurance of operators. In these areas, the largest number of patents are registered both in Russia and the CIS and abroad. There is no doubt, however, that the military sphere developments are also carried out, but access to information about them is limited.

**Keywords:** exoskeleton, analysis, patents.

На момент проведения исследования в ряде ведущих стран мира ведутся разработки в области создания и применения экзоскелетов в различных сферах жизнедеятельности. Собственные рабочие прототипы были продемонстрированы Россией, США, Японией и Израилем. К сожалению, большая часть данных касающихся

новейших разработок в этой области находится в закрытом доступе, и получить к ней доступ не представляется возможным. Однако основываясь на информации, находящейся в открытом доступе, к примеру, опубликованных патентах, можно проследить, в каком направлении продвигаются

исследования и какие сферы деятельности при этом активнее всего развиваются.

Экзоскелет (от греч. ἔξω — внешний и σκελετός — скелет) — устройство, предназначенное для восполнения утраченных функций, увеличения силы мышц человека и расширения амплитуды движений за счёт внешнего каркаса и приводящих частей. Экзоскелет повторяет биомеханику человека для пропорционального увеличения усилий при движениях [13].

Как следует из определения, экзоскелеты главным образом применяются для увеличения силы мышц человека там, где обычных человеческих сил может быть недостаточно, либо для восстановления потерянных функций организма. По области применения различают следующие виды экзоскелетов: военные, медицинские, промышленные, космические. Экзоскелеты могут различаться по принципу действия, делясь в этой категории на пассивные и активные экзоскелеты [13].

Целью данного исследования является попытка классификации объектов исследования на основании анализа данных открытых источников информации.

Объектами исследования в нашей работе являются патентные исследования, посвященные экзоскелетам. Патент — охраняемый документ, удостоверяющий исключительное право, авторство и приоритет изобретения, полезной модели, промышленного образца либо селекционного достижения.

Глубина поиска по патентам составила 10 лет (2019-2009 гг.). В результате было выделено 10 патентов, которые затем разделены на 4 группы.

Принципы действия таких конструкций могут отличаться. Например, американский экзоскелет Portable Load Lifting System [8] представляет из себя пассивный экзоскелет оснащенный усилителями мышц спины и бедер, а также ручными захватами, что позволяет поднимать и переносить грузы большой тяжести. В отличие от него, Wearable Material Handling System [9], также являющаяся пассивным экзоскелетом оснащенный усилителями мышц спины и бедер, не имеет специальных ручных захватов, однако оснащен специальным поясничным упором, предназначенным для упрощения переноски и удержания груза. Свои отличия имеет и австралийская Exoskeleton System For Load Carrying [10].

В ней груз закрепляется на спине на специально предназначенной для него системе, выполненной для того, чтобы нагрузка уходила в землю и не оказывала давления на скелетно-мышечную систему носителя.

работ ставит под сомнение возможность применения экзоскелетов в реабилитации и абилитации в ближайшее время [11, 12] В зависимости от модели подобные экзоскелеты могут помочь в восстановлении работоспособности рук или ног или обеих пар конечностей. Например, разработка ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет» [1] позволяет использовать искусственный таз произвольной конструкции, в зависимости от нужд конкретного пациента. Искусственные голени и бедра при этом остаются неизменными и позволяют пациентам с нарушенными функциями передвижения снова ходить. При необходимости к осевому элементу экзоскелета могут крепиться элементы плечевого пояса и искусственные верхние конечности, а также иная полезная нагрузка. Разработка ООО «Республиканский центр робототехники» г. Ижевск [2] ставит перед собой иную цель — реабилитация людей с параплегией нижних конечностей и достижение низкой себестоимости производства, что позволило бы осуществить массовое внедрение данной разработки в государственную систему реабилитации. Схожую задачу решает и разработка Медведева А. М. [5], предназначенная для неходячих парализованных пациентов. Данный экзоскелет представляет из себя, фактически, пустотелого робота, внутри которого размещается парализованный пациент. Робот может перемещаться как в автоматическом режиме, так и по команде с пульта управления, при этом исключая какие-либо нагрузки на тело пациента. В отличие от представленных выше разработок, являющихся либо комплексными решениями для верхних и нижних конечностей, либо решениями для конкретных проблем нижних конечностей, разработка Воробьева А. А. и Андриященко Ф. А. [4], в первую очередь, предназначена для реабилитации пациентов, имеющих затруднения при работе с верхними конечностями. Эта модель экзоскелета также обладает интегрированным опорно-двигательным элементом для крепления к жилету или инвалидному креслу и который может быть оснащен дополнительными опорами.

военных и повышения их физических характеристик, а как следствие - и повышения их трудоспособности в условиях боевых действий. К сожалению, большая часть информации, находящейся в открытом доступе на момент исследования, относится либо к устаревшим образцам, либо лежит вне исследуемой области. Вместе с тем, найденные во время исследования образцы сильно отличаются друг от друга по характеристикам и методам выполнения поставленных перед этой категорией экзоскелетов задач. Так, Универсальный войсковой экзоскелет [3] служит непосредственно для пропорционального увеличения усилий при движениях военнослужащего, что позволяет значительно повысить физические характеристики оператора экзоскелета. Это же позволяет использовать данный экзоскелет в повседневной жизни для переноски тяжёлых грузов. В отличие от него Articulated Body Armor [6] является исключительно боевой модульной системой, предназначенной для усиления защищенности военнослужащих, и представляет из себя каркас, на котором размещаются отдельные элементы бронирования. Этот каркас принимает на себя часть нагрузки от размещенных на нём элементов, что позволяет снизить непосредственную физическую нагрузку на военнослужащего, при этом не снижая его защищенность.

И, наконец, в отдельную, четвертую категорию вошел экзоскелет для компенсации гравитационных воздействий Compact Exoskeleton Arm Support Device To Compensate For Gravity [7]. Данный эк-

зоскелет предназначен для работы в условиях наличия гравитационных отклонений и их компенсации путём увеличения мышечных усилий для рук и спины пользователя в случае необходимости преодоления большей гравитации. Благодаря своим особенностям, а именно компактности системы, данный экзоскелет может быть встроен в космические скафандры, что позволит упростить работу космонавтов в условиях гравитации отличной от Земной. Также благодаря возможности интеграции дополнительных систем управления данный экзоскелет может использоваться как часть автономной роботической системы, для повышения её работоспособности в условиях других планет.

Таким образом, анализ данных открытых источников информации демонстрирует, что основными направлениями разработки экзоскелетов были и остаются сферы медицины, в частности реабилитация пациентов с ограниченными возможностями здоровья, и промышленности, где экзоскелеты применяются для увеличения грузоподъемности и повышения выносливости операторов. По этим направлениям зарегистрировано наибольшее число патентов как в России и СНГ, так и за рубежом. Вместе с тем, без сомнения, ведутся разработки и в военной сфере, однако большая часть информации, касающаяся подобных разработок относится либо к сфере информации ограниченного доступа, либо устарела, поэтому получение к ней доступа в рамках исследования было затруднено.

### Список литературы

1. Экзоскелет : пат. 155566 U1 Рос. Федерация: МПК А61Н 3/00 А62В 92/00 / Туровский Я. А., Кургалин С. Д., Чурсин И. Ю., Фисенко К. И.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет» – № 2014151224/12; заявл. 17.12.14; опуб. 10.10.15, Бюл. №28 .
2. Экзоскелет : пат. 175523 U1 Рос. Федерация А61Н 3/00 / Петрушкина И. Б., Некрасова Л. В., Галимов Э. М.; заявитель и патентообладатель ООО «Республиканский центр робототехники» – № 2016144784; заявл. 15.11.16; опуб. 07.12.17, Бюл. №34.
3. Универсальный Общевоинской Экзоскелет : пат. 2552703 C2 Рос. Федерация В25J 11/00 В82В 1/00 F41Н 13/00 / Соколов И. В., Рудаков И. А., Севрюков И. Т., Твердислов В. А., Зайчук О. П., Алексеев А. И., Рихель С. Г., Татьянин А. А., Нижников В. А., Московский А. В., Удачин Е. В.; заявитель и патентообладатель ФГБВОУ

ВПО «Военно-технический университет» Министерства Обороны РФ – № 2013147911/02; заявл. 29.10.13; опуб. 10.06.15, Бюл. №16.

4. Экзоскелет верхних конечностей : пат. 2629738 C1 Рос. Федерация А61Н 1/00 А61Н 1/02 / Воробьев А. А., Андрющенко Ф. А.; заявитель и патентообладатель Воробьев А. А., Андрющенко Ф. А. – № 2016109511; заявл. 16.03.16; опуб. 31.08.17, Бюл. №25.

5. Мобильное устройство для ходьбы : пат. 2637604 C1 Рос. Федерация А61Н 3/00 / Медведев А. М.; заявитель и патентообладатель Медведев А. М. – № 2014151224/12; заявл. 17.06.16; опуб. 05.12.17, Бюл. №34.

6. Articulated Body Armor: пат. 2011/0185483 A1 USA A41D 13/05 A41D 13/00 / Christopher Mark Lewis, Rhondda Cynon Taff; заявитель и патентообладатель Christopher Mark Lewis, Rhondda Cynon Taff – 12/999,718; заявл. 18.06.09; опуб. 26.04.11;

7. Compact Exoskeleton Arm Support Device To Compensate For Gravity: пат. 2011/0164949 A1 USA B25J 1/00 / Jeong Hun KIM, Young Bo Shim, Soo Sang Yang, Yong Jae Kim, Kwang Jun Kim; заявитель и патентообладатель Samsung Electronics Co., LTD – 12/979,861; заявл. 28.12.10; опуб. 07.07.11;

8. Portable Load Lifting System: пат. 2011/0264014 A1 USA A61H 1/02 B66D 1/08 B60P 1/54 B66D 1/08 B66C 23/00 / Russdon Angold; заявитель и патентообладатель – Lockheed Martin Corporation 13/084,265; заявл. 11.04.11; опуб. 27.10.11;

9. Wearable Material Handling System: пат. 2011/0266323 A1 USA A45F 3/00 / Homayoon Kazerooni, Nathan Harding, Russdon Angold, Kurt Amundson, Jon William Burns, Adam Zoss; заявитель и патентообладатель – The Regents Of The University Of California, Berkeley Bionics 13/139,933; заявл. 17.12.09; опуб. 03.11.11;

10. Exoskeleton System For Load Carrying : пат. 2015/157803 A1 WO A61H 3/00 A61F 2/00 A63B 25/00 A45F 3/00 / Chapman Thomas Wayne; заявитель и патентообладатель The Common-

wealth Of Australia – 15/000225; заявл. 15.04.15; опуб. 22.10.15;

11. Воробьев А. А., Петрухин А. В., Засыпкина О. А., Кривоножкина П. С., Поздняков А. М. Экзоскелет как новое средство в абилитации и реабилитации инвалидов (обзор) // Современные технологии в медицине. — 2015. — Т. 7, № 2. — С. 185–197.

12. Воробьев А. А., Засыпкина О. А., Кривоножкина П. С., Петрухин А. В., Поздняков А. М. Экзоскелет – состояние проблемы и перспективы внедрения в систему абилитации и реабилитации инвалидов (аналитический обзор) // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2015. – № 2 (54). – С. 9–18.

13. Воробьев А. А., Засыпкина О. А., Кривоножкина П. С., Поздняков А. М., Андрющенко Ф. А., Соловьёва И. О. Терминология и классификация экзоскелетов // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2015. – № 3 (55). – С. 71–78..

Поступила в редакцию 17.04.2019

#### Сведения об авторе:

*Пенина Галина Олеговна.* – Санкт-Петербургский институт усовершенствования врачей-экспертов Министерства труда РФ, доктор медицинских наук, профессор, e-mail : penkina.ru@rambler.ru

Научно-практический журнал "Bulletin of the International Scientific Surgical Association"  
ISSN 1818-0698 (Print), ISSN 2078-8053 (Online)  
является сетевым средством массовой информации  
по вопросам публикации в Журнале обращайтесь по адресу [surgeryserver@gmail.com](mailto:surgeryserver@gmail.com)