

Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов,  
металлургии и химической промышленности



# Обзор рынка промышленных экзоскелетов в России и мире

Москва  
сентябрь, 2019

## Демонстрационная версия

С условиями приобретения полной версии отчета можно ознакомиться на странице сайта по адресу: <http://www.infomine.ru/research/32/612>

**Общее количество страниц: 85 стр.**

**Стоимость отчета – 40 000 рублей**

Этот отчет был подготовлен экспертами ООО «ИГ «Инфомайн» исключительно в целях информации. Содержащаяся в настоящем отчете информация была получена из источников, которые, по мнению экспертов ИНФОМАЙН, являются надежными, однако ИНФОМАЙН не гарантирует точности и полноты информации для любых целей. Информация, представленная в этом отчете, не должна быть истолкована, прямо или косвенно, как информация, содержащая рекомендации по инвестициям. Все мнения и оценки, содержащиеся в настоящем материале, отражают мнение авторов на день публикации и подлежат изменению без предупреждения. ИНФОМАЙН не несет ответственность за какие-либо убытки или ущерб, возникшие в результате использования любой третьей стороной информации, содержащейся в настоящем отчете, включая опубликованные мнения или заключения, а также последствия, вызванные неполнотой представленной информации. Информация, представленная в настоящем отчете, получена из открытых источников либо предоставлена упомянутыми в отчете компаниями. Дополнительная информация предоставляется по запросу. Этот документ или любая его часть не может распространяться без письменного разрешения ИНФОМАЙН либо тиражироваться любыми способами.

Copyright © ООО «ИГ «Инфомайн».

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Аннотация.....</b>	<b>7</b>
<b>Введение .....</b>	<b>9</b>
<b>1. Общие сведения о промышленных экзоскелетах.....</b>	<b>12</b>
<b>2. Классификация промышленных экзоскелетов .....</b>	<b>14</b>
<b>3. Мировые производители промышленных экзоскелетов в 2014-2019 гг.17</b>	
<b>3.1. Производство пассивных промышленных экзоскелетов в 2014-2019</b>	
<b>гг. ....</b>	<b>17</b>
<i>Comau S.p.A. (Италия).....</i>	<i>18</i>
<i>Ekso Bionics Holding Inc. (США).....</i>	<i>20</i>
<i>Gobio Robot (Франция) .....</i>	<i>23</i>
<i>Laevo B.V. (Нидерланды) .....</i>	<i>26</i>
<i>Levitare Technologies Inc. (США) .....</i>	<i>28</i>
<i>Lockheed Martin (США) .....</i>	<i>30</i>
<i>Noonee AG (Швейцария).....</i>	<i>32</i>
<i>Ottobock SE&amp;Co. KGaA (Германия).....</i>	<i>35</i>
<i>Samsung (Ю. Корея) .....</i>	<i>37</i>
<i>Skelex (Нидерланды).....</i>	<i>38</i>
<i>StrongArm Technologies, Inc. (США).....</i>	<i>40</i>
<i>suitX (США).....</i>	<i>42</i>
<b>3.2. Производство активных промышленных экзоскелетов в 2014-2019 гг. ...</b>	<b>48</b>
<i>Atoun Inc. (Япония) .....</i>	<i>48</i>
<i>Bioservo Technologies AB (Швеция) .....</i>	<i>52</i>
<i>Cyberdyne Inc. (Япония) .....</i>	<i>55</i>
<i>Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering (Ю. Корея) .....</i>	<i>57</i>
<i>German Bionic Systems GmbH (Германия).....</i>	<i>59</i>
<i>Sarcos Robotics (США).....</i>	<i>61</i>
<b>4. Разработки промышленных экзоскелетов в России в 2011-2019 гг. ....</b>	<b>62</b>
<i>АО Концерн «Калашников» (Ижевск).....</i>	<i>63</i>
<i>НИИ механики МГУ имени М. В. Ломоносова .....</i>	<i>64</i>
<i>ООО «Полезные роботы» (Сколково) .....</i>	<i>65</i>
<i>ЦНИИ РТК (Санкт-Петербург) .....</i>	<i>67</i>
<i>ЦНИИТОЧМАШ (Климовск) .....</i>	<i>67</i>
<i>ООО «Экзо Райс» (Пермь) .....</i>	<i>67</i>
<i>Юго-Западный государственный университет (Курск) .....</i>	<i>68</i>
<b>5. SWOT-анализ российской отрасли промышленных экзоскелетов на 2019</b>	
<b>г. ....</b>	<b>70</b>

<b>6. Российские потребители промышленных экзоскелетов в 2017-2019 гг.</b>	<b>75</b>
<b>7. Импорт промышленных экзоскелетов в 2019 г.</b>	<b>78</b>
<b>8. Прогноз потребления промышленных экзоскелетов в России до 2030 г.</b>	<b>79</b>
<b>Приложение 1. Адреса российских предприятий</b>	<b>84</b>
<b>Приложение 2. Список использованных источников</b>	<b>85</b>

## СПИСОК ТАБЛИЦ

- Таблица 1: Основные параметры 4-х моделей экзоскелетов компании suitX (US Bionics)
- Таблица 2: Основные технические характеристики экзоскелетов Atoun model Y и Atoun model A
- Таблица 3: SWOT-анализ российской отрасли промышленных экзоскелетов
- Таблица 4: Закупки промышленных экзоскелетов в РФ в 2017-2019 гг.
- Таблица 5: Импорт экзоскелетов suitX компании US Bionics Inc. (США) в 1-ом полугодии 2019 г.

## СПИСОК РИСУНКОВ

- Рисунок 1: Внешний вид экзоскелета марки Guardian XO компании Sarcos Robotics
- Рисунок 2: Внешний вид армейского экзоскелета «Ратник»
- Рисунок 3: Экзоскелет Hardiman, разработанный компанией General Electric (США) в 1965 г.
- Рисунок 4: Внешний вид экзоскелета MATE от Comau
- Рисунок 5: Применение экзоскелета MATE на машиностроительном предприятии
- Рисунок 6: Схема экзоскелета Ekso Vest компании Ekso Bionics
- Рисунок 7: Применение экзоскелета Ekso Vest на автозаводе Ford
- Рисунок 8: Применение экзоскелета IP12 модели SkelEx в шлифовальных работах
- Рисунок 9: Применение экзоскелета IP12 модели SkelEx в сварочных работах
- Рисунок 10: Применение экзоскелета IP12 модели SkelEx в электромонтажных работах
- Рисунок 11: Основные элементы пассивного экзоскелета Laevo V2
- Рисунок 12: Применение экзоскелета Laevo на складе крупногабаритных шин
- Рисунок 13: Внешний вид экзоскелета Airframe компании Levitate Technologies
- Рисунок 14: Применение экзоскелета Airframe на автосборочном предприятии
- Рисунок 15: Внешний вид экзоскелета FORTIS компании Lockheed Martin
- Рисунок 16: Использование экзоскелета FORTIS в шлифовальных работах
- Рисунок 17: Внешний вид экзоскелета Chairless Chair компании Noonee
- Рисунок 18: Применение экзоскелета Chairless Chair в заводском цехе
- Рисунок 19: Применение экзоскелета Chairless Chair на автосборочном предприятии Audi
- Рисунок 20: Внешний вид экзоскелет Paexo Shoulder компании Ottobock
- Рисунок 21: Применение экзоскелет Paexo Shoulder при сборке автомобилей
- Рисунок 22: Применение экзоскелет Paexo Shoulder при строительстве яхт
- Рисунок 23: Внешний вид экзоскелета GEMS-H компании Samsung
- Рисунок 24: Внешний вид экзоскелета Skelex 360 компании Skelex
- Рисунок 25: Склад новых экзоскелетов Skelex 360

- Рисунок 26: Внешний вид экзоскелета ErgoSkeleton FL компании StrongArm Technologies
- Рисунок 27: Использование экзоскелета ErgoSkeleton FL при переноске посылочных ящиков
- Рисунок 28: Данные электромиографии для поясничной группы мышц при использовании экзоскелетов backX
- Рисунок 29: Применение экзоскелета backX при монтажных работах
- Рисунок 30: Применение экзоскелета shoulderX при автосборочных работах
- Рисунок 31: Применение экзоскелета legX при сборочных работах
- Рисунок 32: Применение экзоскелетного комплекса MAX при монтажных работах
- Рисунок 33: Три режима использования экзоскелета Atoun model Y компании Atoun
- Рисунок 34: Сопоставление кинематики экзоскелетов Atoun model A и Atoun model As
- Рисунок 35: Режимы эксплуатации экзоскелета Atoun model A компании Atoun
- Рисунок 36: Внешний вид «умного стула» (Intelligent Assist Chair) марки NININ
- Рисунок 37: Внешний вид перчаточного экзоскелета Ironhand® компании Bioservo Technologies
- Рисунок 38: Прототип экзоскелета HAL компании Cyberdyne
- Рисунок 39: Применение экзоскелета HAL-LB03 для переноски ящиков
- Рисунок 40: Внешний вид экзоскелета DSME
- Рисунок 41: Внешний вид экзоскелета Cray X компании German Bionic Systems
- Рисунок 42: Типичные движения при использовании экзоскелета Cray X
- Рисунок 43: Внешний вид тяжёлого экзоскелета Guardian XO компании Sarcos Robotics
- Рисунок 44: Внешний вид пассивного экзоскелета АО Концерн «Калашников»
- Рисунок 45: Человек в пассивном экзоскелете НИИ механики МГУ с грузом 100 кг
- Рисунок 46: Внешний вид экзоскелета EchoChair компании ООО «Полезные роботы»
- Рисунок 47: Пассивный экзоскелет «Стаханов» компании ООО «Экзо Райс»
- Рисунок 48: Экзоскелет EchoHeaver разработки ЮЗГУ
- Рисунок 49: Прогноз потребления промышленных экзоскелетов в России на 2020-2030 гг., млн руб.
- Рисунок 50: Структура потребления промышленных экзоскелетов в 2025 г. (прогноз)

## Аннотация

Настоящий отчет является **первым изданием** исследования рынка промышленных экзоскелетов в России и мире.

**Цель исследования** – анализ текущего состояния рынка промышленных экзоскелетов РФ и в мире.

**Объектом исследования** являются промышленные экзоскелеты.

**Хронологические рамки исследования:** 2011-2019 гг.

**География исследования:** Российская Федерация – комплексный подробный анализ рынка, прочие страны – краткое рассмотрение.

**Отличием** данной работы от исследований, представленных в настоящее время на российском рынке, является анализ перспективных НИОКР по экзоскелетам.

**Объём исследования:** отчет состоит из 7 частей, содержит 85 страниц, в т. ч. 5 таблиц, 50 рисунков, 2 приложения.

Данная работа является **кабинетным исследованием**. В качестве **источников информации** использовались данные ФСГС РФ (Росстат), Федеральной таможенной службы РФ, ЕГИСУ НИОКР, отраслевой и региональной прессы, а также интернет-сайтов предприятий-производителей и потребителей промышленных экзоскелетов. Кроме того, во время работы над отчетом проводились телефонные и письменные интервью участников рынка.

В **первой главе** отчета приводятся основные исторические сведения о разработке и производстве промышленных экзоскелетов.

Во **второй главе** отчета рассмотрена классификация промышленных экзоскелетов.

В **третьей главе** дана оценка производства промышленных экзоскелетов в мире в 2015-2018 гг.

**Четвертая глава** отчета посвящена разработкам в области промышленных экзоскелетов в России в 2011-2019 гг.

В **пятой главе** представлен SWOT-анализ российской отрасли промышленных экзоскелетов на 2019 г.

В **шестой главе** рассмотрены промышленные предприятия, проявляющие активную заинтересованность в использовании экзоскелетов в 2017-2019 гг.

**Седьмая глава** посвящена импорту промышленных экзоскелетов в 2015-2019 гг.

**Восьмая глава** излагает прогноз потребления экзоскелетов в России до 2030 г.

В **Приложении 1** приведена контактная информация российских разработчиков экзоскелетов.

В **Приложении 2** дан список используемой научной литературы.

**Целевая аудитория исследования:**

- участники рынка промышленных экзоскелетов в России – исследователи, разработчики, производители, потребители, трейдеры;
- потенциальные инвесторы.

Предлагаемое исследование претендует на роль **справочного пособия** для специалистов, принимающих управленческие решения, работающих на рынке промышленных экзоскелетов.



## Введение

Экзоскелет представляет собой техническое устройство, предназначенное для увеличения силы, создаваемой человеком, за счёт внешнего каркаса (псевдо-скелета). Он относится к носимой на себе разновидности роботов (Wearable robotics). Экзоскелет принадлежит к классу древовидных исполнительных механизмов.

Промышленные экзоскелеты – это активные, частично активные и пассивные устройства для использования на рабочих местах в промышленном производстве. Они призваны облегчить физический труд и увеличить его производительность, уменьшить риск получения производственной травмы.

*Пассивные* экзоскелеты повторяют биомеханику человека и принимают на себя часть нагрузки.

*Активные* экзоскелеты с помощью приводов за счёт источника питания способны выполнять недоступные человеку механические работы; оператор находится внутри устройства как в капсуле и только управляет приводами, как, например, в кабине экскаватора.

*Частично активные* экзоскелеты совмещают силу мышц человека и силу механических приводов.

Спрос на промышленные экзоскелеты формируется вследствие старения населения и повышения требований техники безопасности на производствах. Устройства адресованы в первую очередь специалистам с высокой физической нагрузкой, например рабочим автосборочных линий, грузчикам, сварщикам, строителям, монтажникам и т.п.

Уже сформировалось несколько разновидностей промышленных экзоскелетов:

- «перчатки» для удержания и манипулирования тяжёлым инструментом;
- «жилеты» для плеч и рук;
- «корсеты» для спинного узла;
- «стулья» для ног и бёдер;
- полно-тельный экзоскелет.

Активнее всего разработки ведутся в Евросоюзе, США, Японии и Южной Корее.

Пока промышленные экзоскелеты находятся на стадии укрупнённых промышленных испытаний и по состоянию на сентябрь 2019 г. внедрены в ограниченных масштабах. В первую очередь следует назвать автомобильные заводы в Германии и США, например Audi, BMW. В частности, экзоскелеты задействовали для сборки на заводе BMW в Спартанбурге, Германия. Это пассивные устройства, не имеющие силового привода. Применяются разные модели, например, для работ, когда руки нужно поднимать над головой, и для работ, в которых приходится часто работать в положении «на корточках».

Медики установили, что применение экзоскелетов может предотвращать заболевания, возникающие при постоянном поднятии тяжестей (рисунок 1).

**Рисунок 1: Внешний вид экзоскелета марки Guardian XO  
компании Sarcos Robotics**



Источник: Sarcos Robotics

По данным BIS Research (США), объём рынка экзоскелетов всех типов в 2016 г. был XX млн \$, а в 2017 г. составил XX млн \$. То есть рост превысил 32%.

По оценке Global Market Insight (США), объём рынка экзоскелетов в 2018 г. достиг XX млн \$ и до 2026 г. может расти с темпом XX % в год.

По состоянию на начало 2019 г. в мире насчитывалось порядка XX тыс. ед. экзоскелетов. В основном это пассивные модели.

Массовое применение промышленных экзоскелетов прогнозируют в ближайшие 10 лет. По данным исследовательской компании Grand View Research (США), к 2025 г. мировой рынок достигнет XX млрд \$, а сегмент промышленных экзоскелетов будет расти с темпом XX % в год. Аналитическая компания в области робототехники и электроники ABI Research (США) оценила в 1-ом кв. 2019 г количество промышленных экзоскелетов на конец 2018 г. на уровне XX тыс. ед. По их новым прогнозам, к 2028 г. число таких устройств достигнет XX тыс. ед.

Лидером по внедрению станет, как ожидается, Азиатско-Тихоокеанский регион.

Целью настоящего исследования является обзор основных производителей промышленных экзоскелетов в мире, описание ключевых

разработок в РФ, ценовой анализ наиболее популярных экзоскелетов и обобщение опыта их эксплуатации на реальных производствах.

В отчёте не будет рассматриваться рынок бывших в употреблении/эксплуатации промышленных экзоскелетов. За рамками отчёта оставлены медицинские и военные экзоскелеты (рисунок 2), а также экзоскелеты-тренажёры.

**Рисунок 2: Внешний вид армейского экзоскелета «Ратник»**



*Источник: Министерство обороны РФ*

Не будут учтены обучающие устройства, например игрушки детские для конструирования из пластмассы в виде набора из серии «Нало битва героев» из 218 деталей в наборе, сборный экзоскелет-боевой корабль, фигурки героев, аксессуары игрушка для конструирования из серии Rokemon, «Огромный Блэстоиз», сборный монстр, аксессуары и т.п. (по оценке, ввоз примерно на 50 млн \$).

## 1. Общие сведения о промышленных экзоскелетах

Экзоскелет (от греческого:  $\epsilon\chi\omega$  – внешний и  $\sigma\kappa\epsilon\lambda\epsilon\tau\omicron\varsigma$  – скелет) – техническое устройство, предназначенное для снятия с человека-оператора внешних статических и динамических нагрузок и увеличения его мышечных усилий. ЭС представляет собой внешний каркас в виде многозвенного исполнительного механизма, образующего параллельные взаимосвязи с оператором.

Восприятие внешних нагрузок обеспечивается за счёт использования в исполнительном механизме (ИМ) экзоскелета силовых приводов различного вида. Силовые приводы управляются сигналами с системы датчиков, получающих информацию от оператора и исполнительного механизма. Для обеспечения выполнения различных движений оператора экзоскелет должен повторять биомеханику человека.

Развитие экзоскелета базируется на опыте животных, у многих видов которых используются экзоскелеты, например у костнопанцирных бесчелюстных.

Экзоскелет принадлежит к классу шагающих роботов (ШР), характеризующихся древовидной кинематической структурой. К числу наиболее существенных преимуществ ШР относится возможность их перемещения по сильно пересечённой местности и сопутствующее этому сравнительно низкое энергопотребление. Рычажно-шарнирные системы при перемещении не оставляют за собой сплошной колеи, как это происходит с колёсными и гусеничными машинами, что положительно влияет на энергоэффективность этого способа перемещения. С другой стороны, при движении по относительно ровной поверхности колёсные и гусеничные машины имеют неоспоримые преимущества по критерию энергопотребления, так как, в отличие от ШР, способны двигаться по инерции. Из этого следует, что применение экзоскелета наиболее целесообразно в условиях сильно пересечённой местности, а также в условиях, специально созданных для человека (кабины различной техники, здания, реабилитация, абилитация и т.п.).

Первые упоминания конструкции, напоминающей экзоскелет, относятся в 1890 г. Российский изобретатель Н.Ф. Янг запатентовал устройство «эластипед», которое состояло из системы пружин и предназначалось для облегчения передвижения солдат в походах.

Пионерами в области разработки промышленных экзоскелетов принято считать американскую фирму General Electric, создавшую по заказу министерства обороны США в 1965 г. экзоскелет Hardiman. Он обладал грузоподъёмностью 110 кг и собственной массой в 650 кг (рисунок 3). Его планировали использовать при переноске ядерных боеголовок и урановых стержней. Проект не получил дальнейшего развития главным образом в силу несовершенства системы управления: были возможны неконтролируемые перемещения частей ИМ, которые могли привести к тяжёлым травмам человека-оператора.