

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСОСКЕЛЕТОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Аннотация:** В докладе приводится краткий обзор применения экзоскелетов в промышленности для защиты работников от травм на производствах, связанных с тяжелыми физическими нагрузками. Кратко рассмотрены их устройство и функциональные возможности применения. Кроме того, дано краткое обоснование их дальнейшего развития на производстве.

**Ключевые слова:** ЭС (экзоскелет), промышленность, движение, поясница, травма, датчики.

### Введение

В настоящее время довольно актуальной является тема безопасного труда и защиты работников от травм на производствах, связанных с тяжелыми физическими нагрузками. Одним из инструментов для соблюдения безопасности на такого вида работах является применение промышленного экзоскелета (ЭС) для выполнения производственных операций.

На сегодняшний день промышленные экзоскелеты являются инновационными технологиями, которые помогают работникам выполнять тяжелую физическую работу без ущерба для их здоровья и безопасности [1]. Они значительно снижают риск травм и усталости, а также увеличивают производительность на различных работах. Выбор ЭС для применения на промышленных работах зависит от типа самой конструкции (целевого назначения), размеров и стоимости устройства.

Типы промышленных (также как и в других отраслях применения) ЭС делятся на два типа:

- **Пассивные экзоскелеты.** Помогают работникам выполнять тяжелую физическую работу, снижая нагрузку на определенные участки тела. Например, пассивный экзоскелет может помочь грузчику поднять тяжелый ящик, не создавая излишней нагрузки на его спину и плечи. Пассивные экзоскелеты могут быть различных типов и размеров, и могут использоваться для различных целей.

- **Активные экзоскелеты.** Позволяют работникам взаимодействовать с окружающей средой, используя специальные датчики и моторы. Активные экзоскелеты могут быть использованы для таких задач, как поднятие тяжелых предметов, перемещение по неровной поверхности или выполнение других сложных физических работ.

Кроме того, промышленные ЭС классифицируют по следующим признакам [2]:

- **Защита анатомической области тела человека:** верхних и нижних конечностей, шейного, грудного, пояснично-крестцового отделов позвоночника, а также комбинированный вариант.

- **Тип физических нагрузок на опорно-двигательный аппарат:** динамические, статические, а также статико-динамические.

- **Способ применения внешнего источника энергии:** активные, полуактивные и пассивные.

Виды работ, в которых могут быть задействованы промышленные ЭС и их функциональные задачи могут быть различными, например [3]: погрузка и разгрузка, сварочные работы, работа на конвейере, изготовление каркасов для бетонных и др. виды работ.



Далее рассмотрим небольшой обзор ЭС, применяемых в промышленных работах.

### **Экзоскелеты в промышленности**

Начнём обзор с ЭС швейцарской компании Noonee – Chairless Chair 2.0 (в пер. с англ. – стул без стула). Компания Noonee по праву является первым в мире поставщиком носимых мехатронных устройств для промышленности [4].

Он представляет собой легкий гибкий ЭС, не стесняющий движений во время работы, но способный выполнять функции стула [5]. В нём можно нормально ходить и выполнять разные производственные операции, а при активации сидеть. Конструкция этого ЭС такова, что он не касается земли, что облегчает ношение, а удобный поясной ремень крепит его на пояснице и бёдрах. Регулируемый амортизатор захватывает и поддерживает вес тела, который направлен к пяткам обуви, что позволяет полностью распределить нагрузку оператора в пол [6]. Чтобы сесть, человеку достаточно согнуть колени, и стул зафиксируется. Высоту сидения можно регулировать. Инновационная конструкция подходит для рабочих ростом от 1,5 до 1,95 метров.

Общий вес экзоскелета составляет около 2 килограммов, что достигнуто благодаря тому, что рама выполнена из алюминия и углепластика. Для полноценного облачения в Chairless Chair 2.0 требуется около минуты, а снять можно за 1 мин. 15 сек. Механизм ЭС разработан таким способом, чтобы все необходимые действия по сборке и применению работник мог выполнять самостоятельно [7].

Физиотерапевты высоко оценивают Chairless Chair 2.0, поскольку это позволяет работнику двигаться и периодически сидеть. Они считают, что для сохранения здоровья равно необходимо движение и возможность отдыха. Этот ЭС активно применяется на действующем производстве (завод BMW др.), а также в сфере обслуживания и розничной торговле, на фермах и даже в операционных больниц. Применение этой разработки в перспективе повышает производительность труда и сохраняет здоровье особо мобильных сотрудников, которым нужно время от времени работать за терминалом или за несколькими рабочими столами.

Далее обратим внимание на японский вариант под названием Atoun Model Y, разработанный компанией Atoun (входит в Panasonic). ЭС Atoun Model Y, разработан для существенного расширения физических способностей строителей, работников логистических центров, фабрик и ферм [8].

Экзоскелет ATOUN Model Y крепится на талии и поддерживает поясницу человека, когда тот приподнимает или перемещает тяжести. В конструкции задействовано два независимо управляемых электродвигателя, которые поддерживают позвоночник пользователя при поднятии и переноске тяжелых предметов [9]. ЭС Atoun Model Y является довольно лёгким (4,5 кг., включая батарею), т.к. его корпус изготовлен из углеродного волокна. Заряда батареи хватает на четыре часа при обычном применении. Кроме того, этот ЭС имеет высокий уровень защиты от воды.

ЭС работает в трёх режимах. Вспомогательном режим помогает подтянуть тело рабочего, когда он выпрямляется, наклоняясь вперед, чтобы поднять предмет. Режим «Ходьба» отключает двигатели вспомогательного режима, чтобы минимизировать сопротивление при переноске предмета. Режим торможения срабатывает тогда, когда рабочий снова опускается и необходима поддержка поясницы при наклоне вперёд с грузом.

Перед выводом на рынок ЭС Atoun Model Y был протестирован за рубежом. Первые 10 образцов ATOUN Model Y были отправлены в Гонконг в строительную компанию Gammon Construction Limited [10].



Перейдём к рассмотрению довольно интересного французского варианта ЭС для промышленности – ЭС JarpetW, разработанный компанией Jarpet [11]. Эта модель интересна тем, что сочетает в себе функции минимизации травмирования спины и поясницы рабочим на предприятии, а также включает в себя лечебный функционал.

ЭС JarpetW носится, как широкий пояс на поясницу и состоит из 4 микромоторов, а также датчиков движения, которые в совокупности способствуют стабильной работе по снятию нагрузки с позвоночника при работе с грузом [12]. Его вес довольно невелик, за счёт применения углеродного волокна и составляет менее 2 кг. Аккумуляторный заряд ЭС состоит из 2 батарей (время зарядки 2 часа) способен поддерживать автономную работу при непрерывном применении весь рабочий день (около 8 часов).

ЭС Jarpet.W уменьшает усталость и снимает боль в спине и пояснице, а также предотвращает травмы на производстве, связанные с профессиональными обязанностями работника [13]. Кроме того, уникальность этого ЭС ещё и в том, что он не только защищает спину от повреждений, но и помогает работникам с проблемами (боли в пояснице) в спине предотвратить развитие болезни. Его можно применять во время рабочего дня в те моменты, когда ввиду своей деятельности работник напрягает мышцы спины или просто необходимо снять напряжение с поясницы. ЭС JarpetW обеспечивает полную мобильность пользователя. Облачаться в этот ЭС очень просто, нужно меньше минуты, чтобы надеть и меньше 30 секунд, чтобы снять.

В завершении обзора ЭС JarpetW, отметим, что в отличие от многих других он является не только помощником, но и профилактическим, а также лечебным средством. Он очень хорошо зарекомендовал себя на производстве компании Airbus и рабочие благодарны руководству за его внедрение.

Завершить небольшой обзор применения ЭС в промышленности хотелось бы отечественной моделью Echo Heaver, разработанный специалистами ЮЗГУ и горно-металлургической компанией «Норникель», который возглавил десятку перспективных продуктов и инноваций, представленных на международной выставке БиОТ в 2019 [14].

Конструкция ЭС позволяет работнику перераспределять физическую нагрузку во время переноски груза (до 60 кг.) со спины человека на собственный металлический каркас, принимая на себя до 90% веса [15].

Среди модулей, составляющих этот ЭС, следует выделить защиту плеч с электрической лебёдкой и «третью руку» [16]. Лебёдка позволяет без напряжения поднимать и удерживать на весу тяжёлые грузы, а механический манипулятор держит вместо оператора тяжёлый инструмент. Остальные компоненты в основном выполняют функции защиты, хотя стоит отдельно упомянуть модуль «упор для сидения»: благодаря ему можно достаточно долго работать в положении сидя.

Echo Heaver имеет нескольких десятков дополнительных датчиков, которые отслеживают поднимаемый вес, качество воздуха, температуру, освещённость и другие критерии, создающие удобные условия работы оператора ЭС [17]. Также Echo Heaver содержит в системе управления специальное программное обеспечение, которое анализирует указанные данные, а затем направляет их на пульт специалиста для корректировки работы по необходимости.

ЭС Echo Heaver присутствует на многих отечественных предприятиях таких как: Северсталь, Магнитогорский металлургический комбинат, Газпром и др. Эта модель подходит также для применения в шахтах и бункерах, куда тяжёлая техника зачастую не может попасть в силу габаритов.



### **Заключение**

ЭС прошли большой путь развития и стали реальностью, которая способна значительно улучшить качество жизни людей и повысить эффективность различных отраслей. Их применение позволяет повысить производительность труда работника до 80%, а также снизить уровень травматизма [18].

На сегодняшний день промышленный ЭС характеризует собой целый пласт механических носимых на рабочем устройстве, конструкция которых отражает структуру конечностей и суставов [19]. Промышленный ЭС применяется как усилитель возможностей или как средство от утомления и растяжения. редуكتور. Поддержка веса тела, помощь при подъеме, поддержание груза, коррекция положения и стабилизация тела – общие возможности промышленных экзоскелетов. Они применяются на многих производствах, например, такие компании как: Toyota, Ford Motor, BMW, Hyundai Motor Group, Ottobock и т.д [20].

Современные материалы и 3D-печать позволили создавать более легкие и прочные конструкции, а усовершенствование источников питания (аккумуляторов) увеличило время их работы. Потенциал промышленных ЭС на рынке высокотехнологичного оборудования колоссален. Компании, которые могут активно производить эти инновации и выходить на рынок с работоспособными устройствами будут в большом финансовом подъеме. В будущем ЭС станут обычным явлением на фабриках и строительных площадках.

### *Список литературы:*

1. Промышленные экзоскелеты: что это и для чего они нужны? URL: <https://neofform.ru/blog/sovety-i-poleznaya-informatsiya/promyshlennye-ekzoskelety-cto-eto-i-dlya-chego-oni-nuzhny/> (дата обращения: 08.11.2024)
2. СИЗ опорно-двигательного аппарата: как классифицируются промышленные экзоскелеты? URL: [https://olimpoks.ru/expert\\_blog/article.php?ID=88504](https://olimpoks.ru/expert_blog/article.php?ID=88504) (дата обращения: 08.11.2024)
3. Экзоскелеты ProEXO – легкая работа с тяжелыми предметами URL: [https://www.comboinfo.com/catalog/ekzoskelety\\_proexo/](https://www.comboinfo.com/catalog/ekzoskelety_proexo/) (дата обращения: 08.11.2024)
4. Noonee Chairless Chair – стул, который всегда с тобой URL: <https://getsiz.ru/noonee-chairless-chair-stul-kotoryj-vsegda-s-toboj.html> (дата обращения: 08.11.2024)
5. Обзор экзоскелета Noonee Chairless Chair 2.0 URL: <https://top3dshop.ru/blog/noonee-chairless-chair-2-review.html> (дата обращения: 08.11.2024)
6. Экзоскелет-кресло от Noonee позволяет сидеть в любом месте URL: [https://4pda.to/2022/05/21/399825/ekzoskelet\\_kreslo\\_ot\\_noonee\\_pozvolyaet\\_sidet\\_v\\_lyubom\\_meste\\_video/](https://4pda.to/2022/05/21/399825/ekzoskelet_kreslo_ot_noonee_pozvolyaet_sidet_v_lyubom_meste_video/) (дата обращения: 08.11.2024)
7. Швейцарская компания Noonee анонсировала шагающий стул Chairless Chair 2.0 URL: <https://habr.com/ru/news/481498/> (дата обращения: 08.11.2024)
8. Panasonic открыла продажи экзоскелетов в Европе URL: <https://www.vesti.ru/hitech/article/2500511> (дата обращения: 12.11.2024)
9. Экзоскелеты Panasonic Atoun URL: <https://robroy.ru/ekzoskeletyi-panasonic-atoun.html> (дата обращения: 12.11.2024)
10. Открыт предзаказ на новый экзоскелет ATOUN Model Y, созданный подразделением Panasonic специально для медперсонала и строителей URL: <https://cis.panasonic.com/news/otkryt-predzakaz-na-novyy-ekzoskelet-atoun-model/> (дата обращения: 12.11.2024)



11. Exoskeletons for the health of those who move URL: <https://en.japet.eu/exoskeleton-manufacturer/> (дата обращения: 12.11.2024)

12. Airbus закупили тестовую партию промышленных экзоскелетов, которые ещё и лечат спину: обзор модели, отзывы юзеров URL: <https://vc.ru/u/887133-ekaterina-hovanskaya/281850-airbus-zakupili-testovuyu-partiyu-promyshlennyh-ekzoskeletov-kotorye-eshe-i-lechat-spinu-obzor-modeli-otzyvy-yuzerov> (дата обращения: 12.11.2024)

13. Japet.W+ URL: <https://exoskeletonreport.com/product/japet-w-plus/> (дата обращения 12.11.2024)

14. Промышленный экзоскелет Echo Heaver признан лучшей инновацией на рынке средств индивидуальной защиты URL: [https://swsu.ru/news/student/Industrial\\_exoskeleton\\_Echo\\_Heaver\\_recognized\\_as\\_the\\_best\\_inn/](https://swsu.ru/news/student/Industrial_exoskeleton_Echo_Heaver_recognized_as_the_best_inn/) (дата обращения: 08.11.2024)

15. Новую модель промышленного экзоскелета Echo Heaver представили в России URL: <https://madeinrussia.ru/ru/news/2463> (дата обращения: 08.11.2024)

16. Экзоскелеты: как они спасают от опасных нагрузок и ускоряют рабочий процесс URL: [https://www.nornickel.digital/literacy/ehkzoskelety\\_kak\\_oni\\_spasayut\\_ot\\_opasnykh\\_nagruzok\\_i\\_uskoryayut\\_rabochijj\\_process](https://www.nornickel.digital/literacy/ehkzoskelety_kak_oni_spasayut_ot_opasnykh_nagruzok_i_uskoryayut_rabochijj_process) (дата обращения: 08.11.2024)

17. В ЮЗГУ показали новую модель экзоскелета URL: [https://swsu.ru/news/student/At\\_SWSU\\_showed\\_a\\_new\\_model\\_of\\_the\\_exoskeleton/](https://swsu.ru/news/student/At_SWSU_showed_a_new_model_of_the_exoskeleton/) (дата обращения: 08.11.2024)

18. ЭКЗОСКЕЛЕТЫ X-SOFT И X-RISE: НОВЫЙ УРОВЕНЬ БЕЗОПАСНОСТИ URL: <https://vostok.ru/novosti/4811/> (дата обращения 12.11.2024)

19. "Экзоскелеты – это новая необходимость". Почему российской промышленности придется их использовать? URL: <https://vc.ru/tech/273882-ekzoskelety-eto-novaya-neobhodimost-rochemu-rossiiskoi-promyshlennosti-privetsya-ih-ispolzovat> (дата обращения: 12.11.2024)

20. Hyundai Turns to Exoskeletons to Reduce Fatigue and Boost Productivity Among Workers URL: <https://www.thedrive.com/news/24414/hyundai-turns-to-exoskeletons-to-reduce-fatigue-and-boost-productivity-among-workers> (дата обращения: 12.11.2024)

