Оглавление

[**Введение** 2](#_Toc115298500)

[**Виды экзоскелетов** 2](#_Toc115298501)

[**Выполняемые задачи** 2](#_Toc115298502)

[**Анализ существующих решений, представленных на рынке** 3](#_Toc115298503)

[**Определение основных параметров экзоскелета** 4](#_Toc115298504)

[**Добавление конструктивных новшеств** 4](#_Toc115298505)

[**Способы оценки эффективности конструкции** 4](#_Toc115298506)

[**Выводы** 5](#_Toc115298507)

# **Введение**

За последние несколько десятилетий большое внимание среди ученых-исследователей в области робототехники и биомеханики занимают вопросы носимой робототехники. Частным случаем таких устройств является экзоскелет – электромеханическое устройство, которое помогает человеку с выполнением физической работы, будь то хождение, поднятие грузов или удержание определенного положения тела. Сегодня на рынке представлен большой ассортимент экзоскелетов различной конструкции и принципа действия. Каждый из них создан для определенного набора задач с учетом специфики их выполнения. Поэтому вопрос о конструировании экзоскелета требует детального анализа работы, с которой устройство должно помогать.

# **Виды экзоскелетов**

На рынке представлены различные конфигурации экзоскелетов, многие из которых подходят для решения определенных задач, а для других совершенно не подходят. Также устройства классифицируются по определенным критериям:

По типу силовых элементов:

Активные

Пассивные

По частям тела:

Экзоскелет нижних конечностей

Экзоскелет верхних конечностей

Полный экзоскелет

По применению:

Для реабилитации людей, пострадавших в аварии или при наличии заболеваний ОДА (Опорно-Двигательный Аппарат)

Для поднятия тяжестей

Для удержания статической нагрузки и фиксации позы

Для разгрузки ног при беге

По типу используемых датчиков:

Датчики положения

Моментные датчики

Миографические датчики

# **Выполняемые задачи**

На многих передовых реабилитационных центрах и производствах мира экзоскелеты уже внедрены. Необходимо рассмотреть несколько примеров удачного использования. Одним из таких является завод Ford, где экзоскелеты используются в основном для поддержания статических трудозатратных положений тела человека при вертикальной сборке автомобиля (Рисунок Х).

Изображение выглядит как внутренний

Автоматически созданное описание

Рисунок Х – применение пассивного экзоскелета на заводе Ford для вертикальной сборки автомобиля.

Также уже давно используется отечественная разработка – активный экзоскелет ExoAtlet для восполнения двигательных функции нижних конечностей у парализованных людей (Рисунок Х). Разработан в … году одноименной компанией.

Изображение выглядит как трава, внешний, небо, желтый

Автоматически созданное описание

Рисунок Х – Реабилитационный экзоскелет ExoAtlet в процессе работы.

Для упрощения работы с грузами, а также для работы в неудобных положениях тела разработан и успешно применяется пассивный экзоскелет SuitX.

Изображение выглядит как текст, внутренний

Автоматически созданное описание

Рисунок X – Применение экзоскелета SuitX на практике.

Задача данной статьи – определить основные критерии и требования к конструкции экзоскелета для работы с грузами, весом до 30 кг. Для этого необходимо найти существующие решения для такого рода задач и проанализировать конструкции устройств. Выделить преимущества тех или иных узлов, а также недостатки. Для устранения недостатков необходимо предложить конструктивные доработки существующих узлов, или полностью новую конструкцию того или иного узла конструкции.

# **Анализ существующих решений, представленных на рынке**

# **Определение основных параметров экзоскелета**

Промышленный экзоскелет – это универсальное устройство, которое помогает оператору в погрузочно-разгрузочных работах. Для эффективного применения устройство должно обладать следующими параметрами.

Регулируемые размеры – одно из важнейших требований. При правильной регулировке размеров сочленений устройства оператор не будет испытывать дискомфорта, тем самым не тратить лишние усилия для преодоления каких-то неудобств.

Использование упругих компонентов в верхнем отделе – это требование возникает исходя из особенностей кинематики движений человека. В международной классификации используется несколько аббревиатур, по которым можно классифицировать конструктивные особенности экзоскелетов. Чаще всего встречаются аббревиатуры BNDR (Bending Non-Demand Return) и WMRD (Wearable Moment Restoring Device). BNDR – это устройства возврата без необходимости изгиба, их недостаток в недостаточной кинематической совместимости с человеком, что вызывает дискомфорт в работе. Наиболее перспективными являются экзоскелеты WRMD. Упругие элементы такого типа устройств обеспечивают более комфортное использование вместе с запасанием энергии деформации, что обеспечивает дополнительное усилие при возврате в нейтральное положение тела. Поэтому, использование упругих элементов конструкции более предпочтительно. [источник: статья про упругие компоненты].

требование возникло исходя из опыта использования силомоментных датчиков. При использовании такого типа сенсоров в нижнем отделе экзоскелета не возникает проблем, но при использовании в верхней части, а конкретно в области рук возникает вопрос в идентификации усилий в шарнире. Грубо говоря трудно определить намерение оператора – либо работает с грузом, либо его руки устали. Поэтому использование упругих компонентов в верхней части предпочтительно.

Удержание статического положения при переключении на соответствующий режим – это требование исходит из особенностей человеческого организма при поднятии тяжестей. Человек лучше переносит динамические нагрузки в области рук и спины, нежели статические. Исходя из этого можно сконструировать экзоскелет, который будет фиксироваться в определенной позе по намерению оператора и помогать справляться с удержанием груза в руках (статической нагрузкой), перенося нагрузку с рук на упругие элементы устройства.

Вес всего устройства 20 кг

# **Добавление конструктивных новшеств**

Статья про упругие элементы + идеи Сан Саныча

# **Способы оценки эффективности конструкции**

Самым главной характеристикой любого устройства – это его эффективность. Для оценки КПД экзоскелета используются несколько показателей. Их измеряют при выполнении какой-либо работы человеком. Сначала измеряют параметры оператора без участия экзоскелета, затем вместе. По разнице параметров судят об эффективности.

Существует несколько способов оценки. Один из них – измерения напряженности мышц при помощи миографических датчиков [Effect of a Back-Assist Exosuit on Logistics Worker Perceptions,Acceptance, and Muscle Activity]. сигнал с которых отображает уровень создаваемых человеком усилий. Датчики опоясывают конечности оператора плотно прилегая к коже. Датчики расположены в области максимального мышечного объема. Далее применяются различные способы фильтрации и обработки сигнала для более удобной оценки работы мышечных волокон. После замера усилий составляется график (График 1), на котором четко видно усилия человека без экзоскелета и с экзоскелетом.



График 1 – Оценка эффективности экзоскелета по показаниям ЭМГ

Вторым способом оценки эффективности – измерение уровня кислорода в крови. [Взять информацию у Вити]

# **Выводы**