

БИОНИЧЕСКИЕ ПРОТЕЗЫ И ЭКЗОСКЕЛЕТЫ НА ОСНОВЕ ПНЕВМОПРИВОДОВ

Студент группы 10309122 Богданов Д.В.

Научный руководитель – доцент, канд.техн.наук Гулай А.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В данной статье рассматриваются виды, классификация и применение бионических протезов и экзоскелетов, а также их реализация на основе пневмоприводов.

Экзоскелеты применяются в медицине, промышленности и при выполнении работ, требующих большой запас выносливости. По способу действия экзоскелеты делятся на активные и пассивные.

Активные экзоскелеты оснащены приводами, которые получают энергию от источников питания, закреплённых на самом экзоскелете. Эти устройства, обычно с электрическими сервоприводами (также возможно применение пневматики и гидравлики), многократно увеличивают прилагаемую силу воздействия оператора на объекты и его выносливость, так как прилагаемые для управления экзоскелетом усилия минимальны.

Пассивные экзоскелеты – это устройства, которые не требуют источника энергии для функционирования. Принцип их действия основан на базовых законах механики: за счёт применения противовесов и рычагов, пассивный экзоскелет перераспределяет нагрузку на части тела. Действие пассивного экзоскелета снижает нагрузку на активные мышцы, в среднем, от 30%.

Пассивные экзоскелеты бывают двух типов: персональные вспомогательные и подъёмные устройства (PLAD – personal lift assistive device) и устройства возврата без необходимости изгиба (BNDR – bending non-demand return). Оба типа устройств состоят из рамы, которая накапливает упругую энергию при наклоне вперёд, которая затем помогает человеку продлить рабочее положение с наклоном вперёд или снова выпрямить тело при поднятии предмета. Рама BNDR покрывает

туловище и таз и поддерживается верхней частью ног и грудью. Рама PLAD поддерживает распределение нагрузки между позвоночником, плечами, тазом и ступнями.

Системы управления экзоскелетом можно разделить на следующие типы: с контроллерами положения, с контроллерами крутящего момента/силы, с контроллерами силового взаимодействия.

Контроллеры экзоскелета могут программироваться макросами задач – последовательными сочетаниями движений, разными для разных целей. При изменении нагрузки или положения в роботизированной системе возникает ответная реакция, учитывающая поднимаемый вес и углы наклона, для поддержки оператора. При этом автоматическая система следит, чтобы суставы экзоскелета поворачивались под нужным углом, а недопустимые углы обычно ограничены ещё и механически, самой конструкцией.

Применение пневмоприводов в экзоскелетах имеет ряд преимуществ:

1. Постоянный доступ к рабочему телу;
2. Установки с пневматическим приводом при прочих равных условиях получаются дешевле, надёжнее, хорошо работают в жару и холод, не боятся высокой влажности и пыли, гарантируют полную пожаро-, электро- и взрывобезопасность;
3. Срок службы доходит до 20000 часов, рабочее усилие достигает нескольких тонн, а рабочие скорости в 5 раз выше, чем у гидропривода, причём и усилие и скорость могут плавно регулироваться с помощью очень простых устройств;
4. Возможность торможения до полной остановки под нагрузкой на неограниченное время и возможность обходиться без устройств, защищающих от перегрузки.

Использование пневматических искусственных мышц в качестве пневмоприводов упрощает разработку экзоскелетов и бионических протезов, поскольку позволяет устанавливать их в соответствии с расположением естественных мышц в организме. Большое разнообразие исполнений искусственных мышц позволяет подобрать наиболее подходящие для требуемых

условий применения. Также искусственные мышцы широко применяются в «мягкой робототехнике», где важными параметрами являются гибкость и эластичность. В отношении экзоскелетов и бионических протезов данное свойство можно применить в медицине в случаях, когда не допускается применять жёсткие конструкции.

Помимо общих преимуществ пневмоприводов пневмомускулы обладают дополнительными:

1. Механическая мышца обладает инверсной силовой характеристикой (это значит, что механическая мышца работает от максимальной мощности, которая к концу работы снижается до нуля). Данное свойство позволяет осуществлять интенсивный разгон привода и последующее его торможение.

2. Применение в конструкции мышц новых материалов, отсутствие трущихся частей (соответственно не нужна смазка и техническое обслуживание в период работы), отсутствие люфтов подвижных частей, а также устойчивость материала к агрессивным условиям значительно расширяет область применения.

3. Оболочковые двигатели обладают высокой надёжностью срабатывания даже при отрицательных температурах эксплуатации.

4. Большая удельная мощность, большой ресурс работы и меньшая масса по сравнению с пневмоцилиндрами, что позволяет облегчить конструкцию приспособления.

Литература

1. Экзоскелеты: принцип действия, конструкция, применение. TOP3DSHOP. 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://top3dshop.ru/blog/exoskeleton-explained-review.html> – Дата доступа:

2. Bhaben Kalita, Alexander Leonessa, Santosha K. Dwivedy. A Review on the Development of Pneumatic Artificial Muscle Actuators: Force Model and Application. MDPI. 2022.

3. Omar Sabah Al-Dahiree, Raja Ariffin Raja Ghazilla, Mohammad Osman Tokhi, Hwa Jen Yap, Emad Abdullah Albaadani. Design of a Compact Energy Storage with Rotary Series Elastic Actuator for Lumbar Support Exoskeleton. MDPI. 2022.
4. В. А. Левин. Мускулы из воздуха. Наука и жизнь, №5. 1989. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://the-mostly.ru/misc/muscles_made_of_air.html – Дата доступа: 15.12.2024
5. Сидоренко К.Р. Пневматические мускулы и их применение. УДК 621.541. БНТУ.