



ПЛЕЧЕВОЙ ЭКСОСКЕЛЕТ ДЛЯ ФИЗИОТЕРАПИИ

РОХИТ ДЖОН ВАРГЕЗЕ (ROHIT JOHN VARGHESE)
ПЕРЕВОД: ВЛАДИМИР РЕНТЮК

Экзоскелет — это роботизированная структура, заключающая в себе передовые технологии, которые могут с успехом использоваться в физиотерапии и оказывать помощь людям при потере управления движениями рук. В статье рассматриваются проблемы восстановления управления рукой и их решение, разработанное на основе последних достижений в области робототехники [1].

Harmonic Bionics, компания из г. Остин (США), разработала экзоскелет Harmony для верхних конечностей (рис. 1), который помогает людям, перенесшим инсульт или нервно-мышечное повреждение, улучшить свою функциональность и ускорить восстановление работоспособности. Для этого используются физиотерапевтические методы восстановления подвижности и управляемости. Экзоскелет наделен 23 степенями свободы (Degrees of Freedom), 50 датчиками, различными сенсорны-

ми исполнительными механизмами, несколькими процессорами и интерфейсами и возможностью подключения к высокоскоростной локальной сети. Физиотерапевты уже используют это решение, чтобы помочь пациентам в их реабилитации.

МАСШТАБ И ЦЕЛИ ПРОЕКТА

Цель рассматриваемого проекта, получившего в итоге название «Гармония», состояла в том, чтобы максимизировать диапазон дви-

жения человеческого плеча и всего плечевого пояса в случае гемипаретической руки (то есть при неполном параличе или же ослаблении одной половины тела). Экзоскелет должен был соответствовать людям всех форм и размеров (в результате экзоскелет Harmony может быть приспособлен для более чем 95% населения США). Он также включает усовершенствованную технологию привода и контроллера, которая позволяет Harmony настраивать гравитационную компенсацию, оказы-

вать помощь и сопротивление движению именно в таких пропорциях, какие необходимы конкретному пациенту.

СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

Устройство представляет собой роботизированный экзоскелет с 23 степенями свободы с 14-градусным замкнутым контуром, чувствительным к моменту, который может контролировать импеданс. Остальные девять приводов имеют обратную связь по положению для активной регулировки размера (рис. 2). Кроме того, экзоскелет Harmony включает подшипники, вкладыши и системы направляющих для подшипников компании igus: все эти элементы не требуют технического обслуживания и смазки (рис. 3) [3].

Для того чтобы обеспечить оптимальное время цикла между распределенными процессорами, компания Harmonic Bionics использовала при разработке системы управления роботом протокол EtherCAT. EtherCAT — стандарт промышленной сети, который относится к семейству Industrial Ethernet и технологиям, применяемым для распределенного управления в режиме реального времени. Разработан компанией Beckhoff. Для управления всем комплексом контрольно-измерительных приборов экзоскелет снабжен более чем 50 датчиками. Каждое соединение, в дополнение к другим необходимым инструментам, содержит два датчика — для активного измерения нагрузки и обратной связи с двигателем. Видео, демонстрирующее функционирование экзоскелета Harmony, доступно на сайте компании Harmonic Bionics [2].

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Чтобы экзоскелет эффективно работал в условиях больницы, он должен быстро и плавно изменять свои физические размеры и подстраиваться под пациентов с различными размерами тела. Кроме того, чтобы обеспечить место для электроники и исполнительных механизмов в сложном роботе, механизмы изменения размера должны быть очень компактными. Все линейные подшипниковые механизмы должны быть в состоянии точно зафиксироваться в нужном положении. Еще одной сложной задачей была разра-

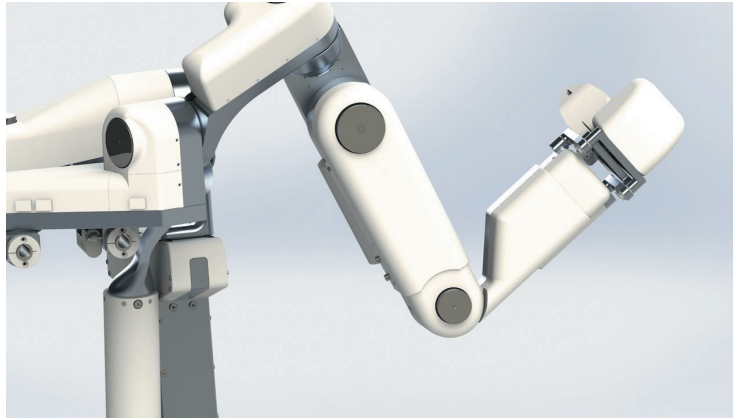


РИС. 1. ◀
Плечевой экзоскелет Harmony. Все изображения предоставлены компанией Harmonic Robotics

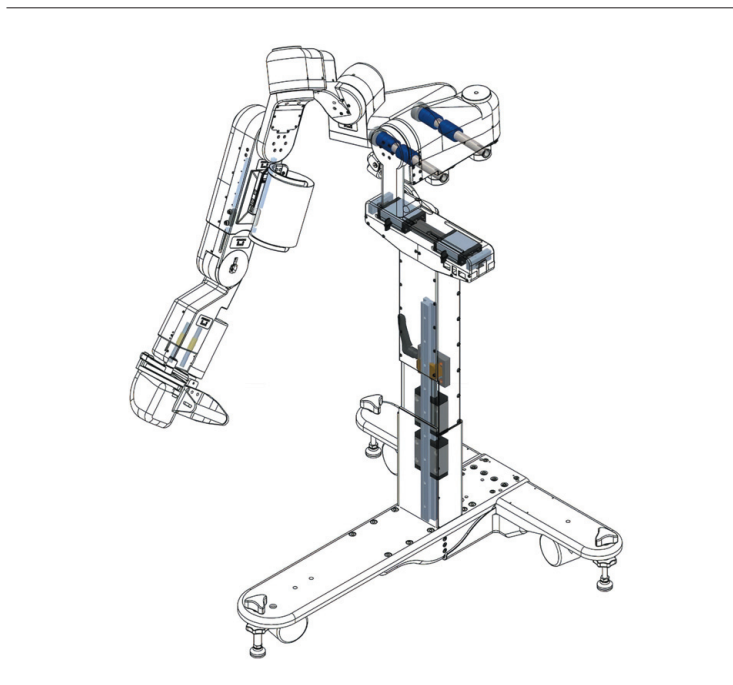


РИС. 2. ◀
Устройство экзоскелета Harmony

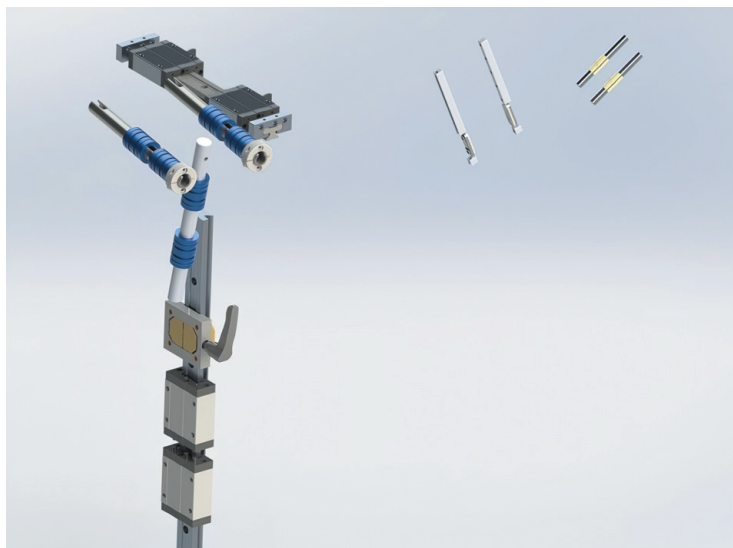
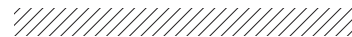


РИС. 3. ◀
Подшипники, вкладыши и системы направляющих для подшипников компании igus



ботка мощных, надежных и компактных приводов, способных контролировать импеданс с обратной связью при высоких частотах обновления.

Для корректного учета размеров и веса пациентов разработчики компании Harmonic Bionics выбрали не требующие обслуживания пластиковые подшипники немецкой компании igus. Они обеспечивают плавную регулировку размеров без смазки, а также уменьшение размеров и веса. Смазка на масляной основе для линейных подшипников может вызывать много проблем, в том числе накопление грязи, способствующей размножению бактерий, что, по вполне понятным причинам, в данном применении экзоскелета недопустимо. Компания Harmonic Robotics также использовала специальные вкладыши и системы направляющих. Последние обеспечивают высокую жесткость поддержки экзоскелета, они выполнены чрезвычайно устойчивыми к загрязнениям и обладают низким коэффициентом трения и малым износом.

Кроме того, в дополнение к индивидуально спроектированному модулю исполнительного механизма компания

Harmonic Bionics, для точного и надежного контроля крутящего момента и сопротивления, разработала на распределенных процессорах всю внутреннюю электронику управления и связи двигателя с замкнутым контуром обратной связи и временем замкнутого цикла реакции менее 0,5 мс. Это позволило достичь уровня производительности, который требуется в современной терапевтической практике.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Экспериментальные исследования, проведенные на здоровых людях и пациентах, перенесших инсульты, демонстрируют положительные результаты, которые были недавно опубликованы на Международной конференции по инсультам (International Stroke Conference). В медицинском сообществе у экзоскелета появляется все больше сторонников, выступающих за необходимость как можно быстрее вывести эту роботизированную технологию на рынок.

Экзоскелет Harmony несомненно станет мощным инструментом, который будет использоваться в качестве средства, помогающего реабилитации пациентов с инсуль-

тами в направлении нормализации движения. Возможности клиники, как все понимают, ограничены, тем более что иногда таким пациентам требуются годы терапии, чтобы стать функциональными.

Однако было бы неправильно говорить, что это устройство гарантирует полное восстановление движения рук. Мы надеемся обеспечить перенесшим инсульт пациентам инструмент, дополняющий существующие стратегии реабилитации в клиниках и дома, все должно быть гармонично. Тем не менее, и это доказанный факт, экзоскелет Harmony действительно помогает больным и, благодаря быстрой обратной связи, облегчает работу терапевта, направленную на то, чтобы справиться с параличом верхней конечности пациента с той или иной положительной динамикой, зависящей, что вполне понятно, от степени поражения. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Varghese R. J. Exoskeleton helps arm-based physical therapy // Control Engineering. 2020. №2.
2. Harmony: Shoulder and Arm Exoskeleton. www.harmonicbionics.com.
3. Long-lasting, self-lubricating plastics. www.igus.com.