

УДК 006.07

## РОБОТОТЕХНИКА. СТАНДАРТИЗАЦИЯ В ОБЛАСТИ ЭКЗОСКЕЛЕТОВ

*Курмангалиев Тимур Асылханович*

магистрант 2 курса, Института искусственного интеллекта, робототехники и  
системной инженерии,  
“ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет”  
г. Казань

*Научный руководитель: Хафизов Ильдар Ильсурович*

к.т.н., доцент, Института искусственного интеллекта, робототехники и системной  
инженерии,  
“ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет”  
г. Казань

**Аннотация:** За последние несколько лет робототехника достигла, и продолжает достигать новых высот. Роботы стали неотъемлемой частью нашей жизни. Они помогают нам в работе, избавляя нас от тяжелой рутинной, повышают уровень нашей безопасности и т.д., делают в целом нашу жизнь комфортнее. Сейчас, одной из перспективных и развивающихся направлений в робототехнике являются экзоскелеты. Данные устройства стали находить все больше применения в различных отраслях, таких как промышленность, здравоохранение, спорт, военная область, строительная сфера и т.д. В связи с этим растет важность стандартизации экзоскелетов, которая позволила бы обеспечить безопасность, эффективность и совместимость устройств.

**Ключевые слова:** робототехника, робот, экзоскелеты, стандартизация, стандарт

## ROBOTICS. STANDARDIZATION IN THE FIELD OF EXOSKELETONS

*Kurmangaliev Timur Asylhanovich*

*Scientific adviser: Khafizov Ildar Ilsurovich*

**Abstract:** Over the past few years, robotics has reached, and continues to reach, new heights. Robots have become an integral part of our lives. They help us in our work, saving us from a heavy routine, increase our level of safety, etc., make our life more comfortable in general. Now, exoskeletons are one of the promising and developing areas in robotics. These devices began to find more and more applications in various industries such as industry, healthcare, sports, military, construction, etc. In this regard, the importance of standardization of exoskeletons is growing, which would ensure the safety, efficiency and compatibility of devices.

**Keywords:** robotics, robot, exoskeletons, standardization, standard

Чуть ли не всю свою историю люди искали, и продолжает искать различные способы и возможности усовершенствования и расширения своих возможностей. Благодаря развитию технологий человек все-таки смог добиться желаемого, придя к идее об экзоскелете.

Экзоскелет с греческого означает внешний скелет, и говоря о них, в своем роде они являются инновационными устройствами, которые, созданы, собственно, для усиления физических возможностей человека и ее поддержки за счёт внешнего каркаса и приводящих частей, повторяя биомеханику человека.

На сегодняшний день известно следующие страны-производители экзоскелетов, приведенные в конце в табличной форме.

Вопрос стандартизации в области экзоскелетов становится все более актуальным, поскольку их использование распространяется на различные отрасли. Введение стандартов позволяет создать унифицированные руководства и протоколы, которые определяют требования к проектированию, изготовлению и использованию устройств.

Так, 22 ноября 2023 года Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии были приняты 5 первых национальных стандартов, касающихся экзоскелетов:

- ГОСТ Р 60.5.0.1–2023 «Роботы и робототехнические устройства. Экзоскелеты. Термины и определения»;
- ГОСТ Р 60.5.0.2–2023 «Роботы и робототехнические устройства. Экзоскелеты. Общие требования по маркировке и эксплуатационной документации»;
- ГОСТ Р 60.5.2.1–2023 «Роботы и робототехнические устройства. Общие требования по учету опасностей и оценке риска при разработке экзоскелетов»;

- ГОСТ Р 60.5.3.3–2023 «Роботы и робототехнические устройства. Методы испытаний экзоскелетов. Оценка рабочих характеристик и безопасности экзоскелета при ходьбе»;

- ГОСТ Р 60.5.3.4–2023 «Роботы и робототехнические устройства. Методы испытаний экзоскелетов. Оценка рабочих характеристик и безопасности экзоскелета при перемещении в ограниченном пространстве».

Приведенный выше перечень стандартов был разработан Государственным научным центром Российской Федерации «Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики» («ЦНИИ РТК») совместно с ФГБУ «Российский институт стандартизации» в рамках профильного технического комитета по стандартизации № 141 «Робототехника» (ТК 141) [5].

Данный перечень стандартов, входящий в семейство национальных стандартов «Роботы и робототехнические устройства», направлен на снижение затрат разработки, производства, улучшения и эксплуатации роботов и т.д.

Одной из более важных целей стандартизации в области экзоскелетов, можно сказать является обеспечение безопасности пользователя. Как уже известно экзоскелеты нередко используются для усиления и поддержки двигательных функций человека (тому пример применение их в медицине и в промышленности), поэтому крайне важно обеспечить защиту от возможных травм и повреждений, минимизировать риски их появления. В нововышедшем стандарте ГОСТ Р 60.5.0.2–2023 «Роботы и робототехнические устройства. Экзоскелеты. Общие требования по маркировке и эксплуатационной документации», как раз таки определены, согласно пункту 1.1 настоящего стандарта, типовые опасности, которое следует учитывать разработчикам экзоскелетов при анализе потенциальных рисков, связанных с экзоскелетами, а также, согласно пункту 1.2 настоящего стандарта, также приведены ссылки на другие стандарты и нормативные документы, посвящённые оценке рисков и применению мер по их снижению [4]. Ниже будут представлены опасности из минимального набора, приведенные в стандарте:

- Защемление, трение, запутывание и ускорение;
- Опасные кинематические и кинетические схемы, положение тела и прилегание, помехи для зрения обаяния, тактильных ощущений, слуха и проприоцептивной реакции;
  - Шероховатые или острые кромки, поверхности и выступы;
  - Поломка крепежного элемента, механическое напряжение, усталость и коррозия;
  - Опасный шум и вибрация;
  - Горячие или холодные поверхности, жидкости или газы, а также огонь;
  - Пружин и упругие элемент, работающие под давлением га или жидкости;
    - Неисправность аккумуляторной батареи, неисправность конденсатора, неисправность электрооборудования (возгорание), образование электрической дуги (возгорание), оголённые провода, короткое замыкание, отсутствие питания, электростатический разряд;
    - Опасные вещества и жидкости, инфекционные заболевания и связанные с ними биологические опасности;
    - Ошибочное включение режима, неправильное понимание маркировки и команд управления, непреднамеренный доступ к элементам управления, неправильное функционирование, чрезмерный крутящий момент, неправильный результат, ухудшение функционирования, ошибка систем управления, отказ функции аварийного останова и взлом систем;
    - Защемление, инерционная нагрузка, ударная нагрузка, распределение массы, нестабильность прилегания и давления;
    - Столкновения с объектами и живыми существами, защемление и ухудшение функционала;
    - Экстренное снятие экзоскелета и эвакуация из здания;
    - Невозможность ношения и несовместимость с СИЗ;
    - Неонизирующее и ионизирующее излучение.

Другой целью стандартизации в области экзоскелетов является установление определенных требований к прочности, устойчивости и надежности материалов, используемых в конструкции экзоскелетов, а также определение процедур тестирования и сертификации, в соответствии международным нормам безопасности. В данном случае можно обратиться к другим новым стандартам ГОСТ Р 60.5.3.3–2023 «Роботы и робототехнические устройства. Методы испытаний экзоскелетов. Оценка рабочих характеристик и безопасности экзоскелета при ходьбе» и ГОСТ Р 60.5.3.4–2023 «Роботы и робототехнические устройства. Методы испытаний экзоскелетов. Оценка рабочих характеристик и безопасности экзоскелета при перемещении в ограниченном пространстве».

О влиянии стандартизации на эффективность экзоскелетов можно сказать следующее. Установление единых протоколов и параметров может обеспечить совместимость между различными моделями экзоскелетов, а также между другими медицинскими или промышленными устройствами. Это позволяет легко интегрировать экзоскелеты в рабочие процессы, упрощает их использование и обслуживание. Стандартизация обеспечивает определенные критерии производительности, которые помогают оценивать эффективность экзоскелетов и сравнивать их между собой. Это позволяет пользователям принимать осознанные решения при выборе устройств и оптимизировать их работу. Также стандартизация способствует разработке единых методологий обучения и подготовки персонала для работы с экзоскелетами, что повышает эффективность их использования, и результативность процессов, в которых они применяются. И еще не мало важным аспектом стандартизации также является повышение доли научных исследований и данных об экзоскелетах. Выработка общепринятых норм и методологий позволит собирать однородную информацию о применении экзоскелетов в различных сферах и анализировать результаты. Это в свою очередь может поспособствовать развитию новых технологий и инноваций, а также обмену знаниями между учеными и специалистами из разных стран и организаций.

**Страны и компании разрабатывающие экзоскелеты**

Страны	Компании
Япония	Archelis Inc, Cyberdyne, INNOPHYS CO., LTD., JTEKT
Россия	ООО «ЭкзоАтлет»
Мексика	Roki Robotics
Южная Корея	Angel Robotics Co, Ltd, HEXAR Humancare Co, Ltd., Walkbot
Китай	Crimson Dynamics, Enhanced Robotics, Hypershell Technology Co., Ltd., ULS Robotics
США	Abilitech Medical, AlterG Inc., Aretech LLC, Biomotum, Inc., CIONIC, Element Exo Inc., HeroWear, LLC., Levitate Technologies Inc., Myomo, NP Devices, ROAM, Sarcos Robotics, SuitX, Verve Motion
Германия	exoIQ, Comau, AUXSYS, ax-lightness composites, B-Temia, Ekso Bionics, Evomotion, EXXOMOVE® UG, Festool, Hilti, HKK Bionics, Hocoma, hTRIUS, HUNIC, Hyundai, Thera-Trainer, MyoSwiss, noonee, Össur, Ottobock, Reactive Robotics, ReWalk, Rex Bionics, TASKA Prosthetics
Италия	Agade, Moveo, U&O
Испания	ABLE HUMAN MOTION S.L., Cyber Human Systems, Gogoa, Hellstern medical, Marsi-Bionics, Levier
Австрия	Sporthütte Fiegl, Exomys, Saphenus Medical Technology, Tyromotion
Великобритания	
Швейцария	autonomyo, Auxivo, Reha Technology, Scewo, TWIICE
Франция	Ergosante, HMT, Ski Mojo, Japet Medical, REEV, RB3D, Wandercraft

Индия	Newndra Innovations Private Limited
Иран	Pedasys
Чехия	Mebster
Канада	Eurovia Québec, Bionic Power Inc., Mawashi
Нидерланды	Intespring, Laevo BV.
Тайвань	FREE Bionics Taiwan Inc.
Сингапур	ASTRIDE BIONIX
Турция	BAMA Teknoloji
Швеция	Bioservo Technologies
Египет	Cosmos Bionics Ltd
Бразилия	Eху Exoesqueletos Industriais

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Хафизов И.И. Перспективы применения роботизированных систем в промышленности / И.И. Хафизов, Н.Ф. Кашапов, И.Г. Нуруллин // «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2022» Материалы XI-й Международной научно-технической конференции. Ч. 1. – Казань, 2022. – С.310-314.

2. Романов А.В. Процедура стандартизации в робототехнике / А.В. Романов, И.И. Хафизов // АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: сборник статей XI Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2023. – С. - 111-113.

3. Производитель экзоскелетов по всему миру // orthexo.de URL: <https://orthexo.de/ru/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B8%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C-%D1%8D%D0%BA%D0%B7%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B2/> (дата обращения: 03/12/2023).

4. ISO 10218-1: Роботы и роботизированные устройства

5. ГОСТ Р 60.5.0.2–2023 «Роботы и робототехнические устройства. Экзоскелеты. Общие требования по маркировке и эксплуатационной документации»

6. Началось формирование отечественной нормативной базы в области экзоскелетов // asms URL: <https://www.asms.ru/news/nachalos-formirovanie-otchestvennoy-normativnoy-bazy-v-oblasti-ekzoskeletov.html> (дата обращения: 03/12/2023).