

## **АННОТАЦИЯ**

**диссертационной работы на тему**

**«Управление движением робота с древовидной кинематической структурой»** представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности **6D071600 – «Приборостроение»**

**Исабекова Жанібека Назарбекұлы**

### **Оценка современного состояния решаемой научно-практической проблемы(задачи):**

В 21 веке возникает все больше ситуаций, требующих от людей с ограниченными возможностями выполнения самых разнообразных работ, связанных с повседневной жизнью. В работах ученых дальнего зарубежья S. Song, S.H. Collins, R.W. Jackson, C.L. Dembia, S.L., H.G. Kang, российских ученых Ковальчук А.К., Мороз К.А., Цыбрий И.К., Письменной Е.В., Комарова П.А., Лавровского Е.К., казахстанских ученых Джолдасбекова У.А., Байбатшаева М.Ш., Исембергенова Н.Т., Тулешова А.К., Шоланова К.С., Ожикенова К.А. и многих других рассматривались вопросы упругости стопы при моделировании движений человека, динамики движения манипулятора на базе замкнутой кинематической цепи с координатно-параметрическим регулированием, создания алгоритмов управления движением двуногих роботов, перемещающихся в различных динамических режимах: ходьба, бег, прыжки и т.д., т.е. имитация движений человека, что легло в основу исследования использования теории для создания механизмов энергетически оптимальной регуляции ходьбы человека, разработки которых способствовали развитию исследований в области применения манипуляторов для замены ног человека. Большое значение имеет разработка требований к точности управления двуногим шагающим роботом вблизи объекта работ, как например, в работах Ковальчука А.К. рассмотрен принцип управления сближения робота с объектом работ. Автор же, рассматривая экзоскелет как вспомогательное средство для реабилитации нижних конечностей человека, разработал принцип управления исполнительного механизма применительно не к объекту работ, а как средство достижения цели (приближение к столу, двери и т.д.). В работах Ковальчука А.К. рассматриваются задачи об организации ходьбы экзоскелета нижних конечностей при помощи управления в коленных шарнирах. Работы ученых в области исследования следящих приводов с координатно-параметрическим регулированием на базе замкнутой кинематической цепи, вопросы динамики замкнутых и разомкнутых цепей манипуляторов, динамики манипулятора на основе пятизвенного механизма замкнутой цепи являются краеугольным камнем в развитии отечественной робототехники, которые значительно продвинули научные исследования на новый уровень с использованием цифровых технологий.

**Актуальность работы:**

Изучая проблемы реабилитации больных с патологией нижних конечностей, ученые всего мира занимаются разработкой экзоскелетов. Проектируемые сегодня экзоскелеты обладают максимальной степенью свободы 6, которой недостаточно для свободного передвижения человека. Древоподобная кинематическая структура позволяет полностью восстановить функции больных с 14 и более степенями свободы в управлении конечностями человека. Поэтому очень актуальна разработка экзоскелета, имеющего древоподобную кинематическую структуру и степень свободы, полностью восстанавливающего конечности человека.

Анализ литературных данных показывает, что до сих пор не до конца изучены возможности совершенствования эго исполнительных механизмов экзоскелетов. Можно показать ряд возможностей повышения эффективности и управляемости: прежде всего – оптимальный выбор алгоритма управления исполнительными механизмами и во – вторых-конструирование 3D-моделей элементов оцифровки, позволяющих использовать их в управлении нижними сторонами экзоскелета.

**Целью работы** является разработка исполнительного механизма для управления активным экзоскелетом с древоподобной кинематической структурой.

**Задачи исследования:**

1. Критический анализ существующих разработок по управлению двуногим шагающим роботом, используемым для реабилитации людей с поражением нижних конечностей и инвалидностью в процессе труда;
2. Синтез кинематической структуры экзоскелета и разработка кинематики и динамики исполнительного механизма;
3. Получение диаграммы нагрузки исполнительных механизмов звеньев экзоскелета, диаграммы внешних характеристик, характеристик крутящего момента, мощности, ускорения, скорости;
4. Расчет мощности приводов степени движения и суммарной потребляемой мощности на основе использования программных пакетов MatLab;
5. Получение частотных и амплитудных характеристик разветвленного контура электрогидравлического следящего привода с обратной связью по изменению давления в полостях гидроцилиндров исполнительных механизмов звеньев экзоскелета.

**Предмет исследования.** Разработка щиколоточного, коленного и бедренного суставов экзоскелета, в том числе кинематической структуры древоподобного исполнительного механизма двуногого шагающего робота.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач в работе использованы методы Денавита-Хартенберга, Даламбера, цифровой обработки сигналов, измерительной техники.

Достоверность полученных результатов обусловлена непротиворечивостью и полнотой исходных предпосылок, корректным использованием аналитических и расчетных методов, сопоставимостью теоретическою исследования с экспериментальными данными и

практической реализацией предложенной методики работы макета исполнительного механизма двуногого шагающего робота.

**Научная новизна исследования** состоит в следующем:

1. Разработана новая кинематическая схема экзоскелета.
2. Разработан новый алгоритм модели исполнительного механизма двуногого шагающего робота.
3. Получены логарифмико-амплитудные, фазовые частотные характеристики кинематики и динамики исполнительного механизма голеностопного, коленного и тазобедренного суставов экзоскелета древовидной кинематической структуры для человека с ограниченными возможностями.
4. Разработана автоматизированная система управления движением человека.

**Практическая значимость исследования результаты** заключаются в том, что:

1. Предложенные методики при разработке кинематики и динамики исполнительного механизма для человека с ограниченными движениями нижних конечностей могут быть использованы для внедрения новых систем голосового управления ходьбой человека при реабилитации людей с врожденными дефектами стоп, голени, бедра, а также в результате полученной травмы.

2. Новый способ реабилитации больных с дефектами нижних конечностей на основе ранее разработанных методов позволяет идентифицировать участки повреждения нижних конечностей человека и представляет собой инструмент для оперативного вмешательства при лечении и восстановлении ходьбы человека.

3. Результаты диссертационного исследования используются в учебном процессе кафедры «Инжиниринг» Евразийского технологического университета при подготовке магистров технических наук.

**Реализация и внедрение результатов работы.** Разработанный при участии автора работы прототип исполнительного механизма для реабилитации больных с травмами нижних конечностей различной тяжести применяется в учебном процессе при подготовке бакалавров машиностроения, робототехники и мехатроники.

**На защиту выносятся:**

1. Синтез кинематической структуры и кинематическая схема древовидного исполнительного механизма активного экзоскелета.
2. Результаты частотных и амплитудных характеристик разомкнутого контура электрогидравлического следящего привода с обратной связью по перепаду давлений в полостях гидроцилиндров исполнительного механизма щиколоточного, коленного и бедренного суставов экзоскелета.
3. Результаты разработанных рекомендаций для использования в учебном процессе.

**Личный вклад автора.** Основные результаты, выносимые на защиту, получены автором лично. Результаты, опубликованные в соавторстве,

принадлежат авторам в равных долях. Результаты других авторов, которые использованы при изложении, содержат ссылки на соответствующие источники.

#### **Публикации.**

1. Issabekov Zh and Aldiyarov N. Developing the Mathematical Model of the Bipedal Walking Robot Executive Mechanism. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 12, No. 12, 2021. ISSN:2158-107XE-ISSN:2156-5570.

2. Issabekov Zh.N., Tsybrii I.K., Moroz K.A. Organization of walking of the lower-extremity exoskeleton using the control of the supporting foot. Advanced Engineering Research (2021) Series Machine Building and Machine science, 21 (3), pp. 247-252. ISSN (online) 2687-1653.

3. Issabekov Zh.N., Moroz, K.A., Kerimzhanova, M.F. Study of the dynamics of the exoskeleton actuating unit. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 11. Pp. 114–121. ISSN 2071-7318.

4. Исабеков Ж.Н., Ковальчук А.К., Жетенбаев Н.Т. Төменгі шектеулер экзоскелеттері: қысқаша түсініктеме. ҚазККА Хабаршысы, № 1 (108), Алматы, 2019, Қазақстан, с. 78-84. ISSN 1609-1817.

5. Исабеков Ж.Н. Исследование энергетических параметров активного экзоскелета. Одиннадцатая Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов. «Будущее машиностроения России, Союз машиностроителей России, Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана. — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. — 842, [2] с.: ил. ISBN 978-5-7038-5032-9

**Структура и объем работы.** Работа состоит из введения, четырех глав, заключения списка использованных источников и приложений. Общий объем работы составляет 109 страниц, содержит 50 рисунков, 30 таблиц, список использованных источников, включающий 100 наименований.