

**Левченко Э. П.**

*к.т.н., доц.,*

**Левченко О. А.**

*к.т.н., доц.,*

*Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск, ЛНР, Россия,*

**Павленко А. Т.**

*к.т.н., доц.,*

*Луганский государственный университет имени Владимира Даля, г. Луганск, ЛНР, Россия,*

**Тумин А. Н.**

*ст. преп.,*

**Грунис Ф. А.**

*студент 1-го курса*

*Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск, ЛНР, Россия*

## **ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБЛЕГЧЕНИЯ РУЧНОГО ТРУДА В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ**

Различная трудовая деятельность человека в полевых условиях, в том числе и связанная с выполнением экологических задач, часто сопряжена с необходимостью ручной транспортировки специальных средств и оборудования, используемого для мониторинга окружающей среды, её очистки от мусора и др.

При переносе тяжёлого груза требуется приложение значительных усилий. А если учесть, что работники экологических служб — это в основном женщины, возникает необходимость облегчения труда в полевых условиях, для чего можно использовать технические средства в виде транспортного робота или экзоскелета (рис. 1) [1].

Решение этой проблемы частично уже имеется. В частности, фирмой Boston Dynamics совместно с Foster-Miller создан четырёхногий робот BigDog с адаптивным управлением, способный перемещаться по труднопроходимой местности со скоростью до 6,4 км/ч и переносить при этом груз массой до 154 кг. Он может передвигаться под наклоном до 35 градусов. Управление осуществляется компьютерной системой, анализирующей данные от различных сенсоров, расположенных в ногах конструкции. Он оснащён системами навигации, равновесия, бинокулярного зрения и лазерным гироскопом.



Рисунок 1 — Робот для переноски грузов

Для развития данного технического направления важным является структурный анализ нижней и верхней конечностей человека, так как в процессах жизнедеятельности существенную роль при выполнении различных операций играют руки. Нижние конечности используются для перемещения в пространстве. Шарнирное устройство конечностей характеризуется наличием вращательных кинематических пар (подвижными соединениями двух звеньев) различных классов, обладающих разными степенями свободы (от 1 до 3). Это позволяет применять подобный принцип и для технических устройств — роботов и экзоскелетов.

Для кинематической модели ноги человека характерны кинематические пары [2], приведенные на рисунке 2, а, а для руки [3] — на рисунке 2, б, где цифрами обозначены соответствующие звенья.

Виды кинематических пар, применяемых в этих конечностях, приведены в таблице 1. Класс пары показывает число наложенных связей из максимального количества (равного шести) возможных независимых перемещений в трёхмерном пространстве.

Согласно формуле Сомова – Малышева [4] для определения степени подвижности  $W$  пространственных механизмов:

$$W = 6 \cdot n - 5 \cdot p_5 - 4 \cdot p_4 - 3 \cdot p_3 - 2 \cdot p_2 - p_1,$$

где  $n$  — число подвижных звеньев;

$p_5$  — количество кинематических пар V класса;

$p_4$  — количество кинематических пар IV класса;

$p_3$  — количество кинематических пар III класса;

$p_2$  — количество кинематических пар II класса;

$p_1$  — количество кинематических пар I класса.

Степень подвижности модели нижней конечности, ввиду отсутствия кинематических пар I и II класса, выражается формулой:

$$W = 6 \cdot n - 5 \cdot p_5 - 4 \cdot p_4 - 3 \cdot p_3 = 6 \cdot 13 - 5 \cdot 6 - 4 \cdot 5 - 3 \cdot 2 = 22,$$

где  $n = 13$ ;  $p_5 = 6$ ;  $p_4 = 6$ ;  $p_3 = 1$ .

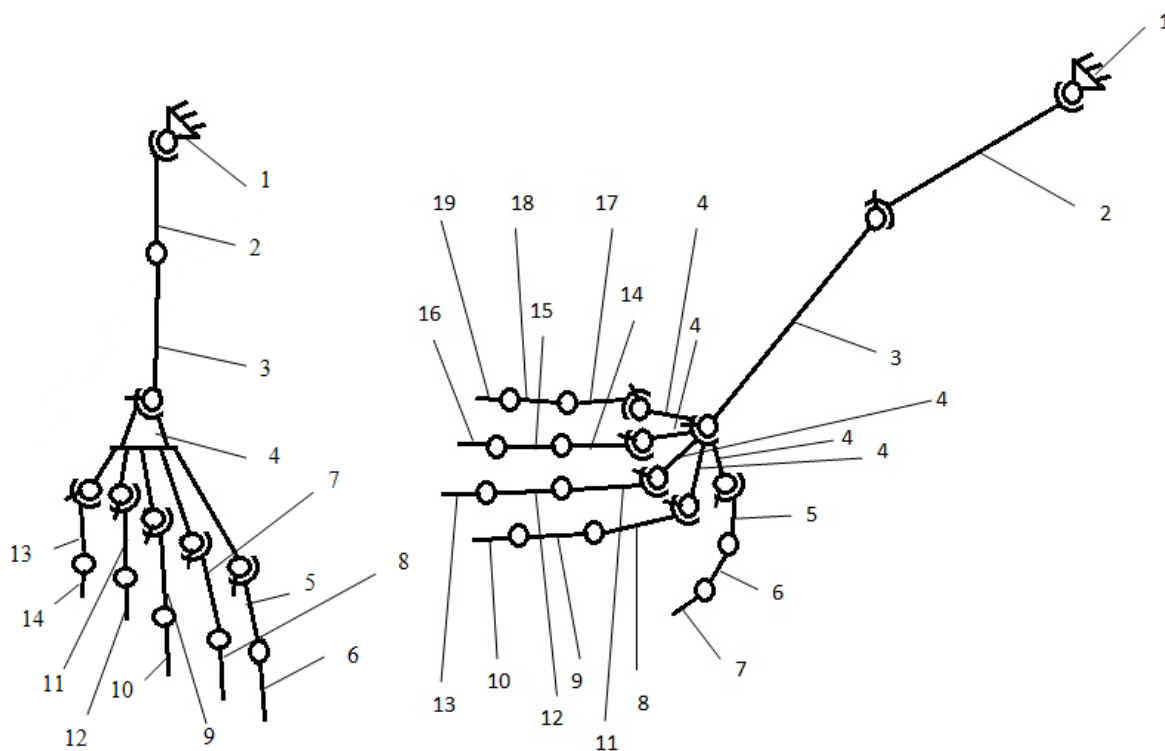


Рисунок 2 — Кинематические модели руки и ноги человека

Таблица 1 — Виды кинематических пар моделей конечностей человека (на примере руки)

Кинематическая пара	Эскиз	Условное обозначение	Название пары	Класс пары	Символ пары	Способ контакта	Способ замыкания
1–2			Сферическая	III	$p_3$	По площади	Геометрический
3–4 4–5 4–7 4–9 4–11 4–13			Сферическая с пальцем	IV	$p_4$		
2–3 5–6 7–8 9–10 11–12 13–14			Вращательная	V	$p_5$		

Так как стопа относительно голени обладает некоторой возможностью вращения в трёх независимых плоскостях, то является кинематической парой (3–4) III класса, для которой  $n = 13$ ;  $p_5 = 6$ ;  $p_4 = 5$ ;  $p_3 = 2$ , а степень подвижности:

$$W = 6 \cdot 13 - 5 \cdot 6 - 4 \cdot 5 - 3 \cdot 2 = 22.$$

Степень подвижности верхней конечности, где  $n = 18$ ;  $p_5 = 10$ ;  $p_4 = 7$ ;  $p_3 = 1$ :

$$W = 6 \cdot 18 - 5 \cdot 10 - 4 \cdot 7 - 3 \cdot 1 = 27.$$

В связи с тем, что иногда локтевой сустав моделируется кинематической парой V класса, а соединение кисти с предплечьем кинематической парой IV класса, где  $p_3 = 2$ ;  $p_4 = 6$ ;  $p_5 = 11$ , то степень подвижности:

$$W = 6 \cdot 18 - 5 \cdot 11 - 4 \cdot 6 - 3 \cdot 2 = 23.$$

Результаты кинематического моделирования могут быть использованы при создании искусственных механизмов нижних конечностей в качестве движителей в пространстве, и верхних конечностей — при разработке пространственных кибернетических механизмов, облегчающих деятельность человека, например, для подъёма и перемещения грузов относительно корпуса робота или экзоскелета. На основе полученных результатов возможно создание технических средств, существенно облегчающих долю ручного труда при перемещении грузов и работе человека в полевых условиях.

#### Список источников

1. BigDog — четырёхногий робот для переноски грузов [Электронный ресурс] // Facte : информационно-познавательный портал : [сайт]. [2024]. URL: <https://www.facte.eu/proekty/bigdog-robot-perenoski-gruzov>.
2. Левченко Э. П., Матвейчук А. С., Сомченко А. А. Синтез модели нижней конечности на основе биомехатроники ноги человека // Сборник научных трудов ДонГТУ. 2016. Вып. 2 (45). С. 116–120.
3. Левченко О. А., Матвейчук А. С., Сомченко А. А. Возможности и перспективы переработки строительных отходов на примере г. Алчевска // Сборник научных трудов ДонГТУ. 2016. Вып. 2 (45). С. 116–120.
4. Левченко Э. П., Левченко О. А. Основные положения и рекомендации по изучению прикладной механики и основ конструирования (теории механизмов и машин и деталей машин) : учеб. пособ. Алчевск : ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2017. 169 с.