

А. П. РАКОВ  
Ю. С. РАТИЕВА

## ИНТЕРАКТИВНЫЕ ШАГАЮЩИЕ МОДЕЛИ «АЛЬБА КАПРА»

"ALBA CAPRA" INTERACTIVE WALKING MODELS

*Построение схем преобразования вращательного движения в шаг – известная геометрическая, равно как и механическая задача. Великий русский математик П.Л. Чебышев изначально не смог решить эту задачу. Однако в процессе её изучения разработал теорию приближения и синтеза механизмов. Применяя последнее, он мог выбрать параметры лямбда-механизма таким образом, чтобы получить одну из лучших в мире схем. Тема стала вновь актуальной в связи с новым витком развития машиностроения и робототехники.*

*The construction of schemes for converting rotational motion into a step is an old and very well-known geometric, as well as mechanical problem. Ever since James Watt invented the steam engine, there has been a problem of creating a hinge mechanism that converts circular motion into linear motion. The great Russian mathematician Paphnutiy Lvovich Chebyshev initially could not solve this problem. However, in the process of studying it, he developed a theory of approximation and synthesis of mechanisms. Using the latter, he could choose the parameters of the lambda mechanism in such a way as to obtain one of the best schemes in the world. The topic has become relevant again in connection with a new round of development, the development of mechanical engineering and robotics.*

**Ключевые слова:** инновационное проектирование, архитектура, промышленный дизайн, шагающие сооружения, прототипирование, моделирование, робототехника

**Keywords:** innovative design, architecture, industrial design, walking structures, prototyping, modeling, robotics

Преобразование вращательного движения в шаг – старейшая математическая задача, решений которой существует не так много, как может показаться. С тех пор как Джеймс Уатт изобрел паровой двигатель, возникла проблема создания шарнирного механизма, преобразующего круговое движение в линейное. Стоит напомнить, что первый в мире шагающий механизм был изобретён ещё в XIX в. Пафнутием Чебышевым. Шагающая машина Чебышева была впервые представлена на Всемирной выставке в Париже в 1878 г. В наши дни наибольшую известность получили шагающие скульптуры, придуманные голландским художником и изобретателем Тео Янсеном.

Проект интерактивных шагающих моделей «Альба Капра», как и проект «Ларифуга», начался с того, что была придумана совершенно новая кинематическая схема преобразования вращательного движения в шаг. Именно эта уникальная схема была положена в основу всех шагающих моделей, разработанных в Самарском государственном политехническом университете.

На рис. 1 показаны для сравнения две схемы. Под номером 1 – схема Тео Янсена; под номером 2 – схема, разработанная авторами статьи.

Самарская схема выгодно отличается от всех известных аналогов и от схемы Тео Янсена, так как она позволяет размещать любой полезный объём выше точки прикрепления шагающих опор.

Летом 2022 г. один из самарских музеев предложил изготовить для своей постоянной экспозиции интерактивную шагающую модель в виде белой козы, которая, как известно, является символом Самарской области.

Авторы проекта сотрудники кафедры инновационного проектирования СамГТУ, А. П. Раков и Ю. С. Ратиева приступили к изготовлению интерактивного шагающего изделия, объёмной двигающейся и дистанционно управляемой модели, форма которой ассоциативно напоминает белую козу. Проектирование и изготовление этих моделей и называется проектом «Альба Капра – 2023».

Интерактивная шагающая модель изготавливается в размерах, сопоставимых с размерами реального животного – белой козы, дополняется вспомогательными элементами комплектации и оснащается системой дистанционного управления через приложение ОС Android.

Модель планируется использовать в качестве интерактивного экспоната на выставочных площадках нового музейного пространства.

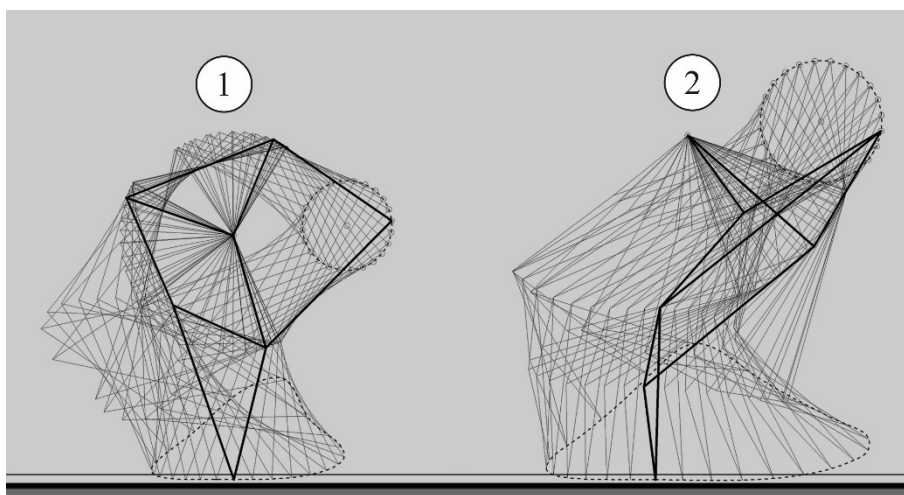


Рис. 1. Сравнение схем Тео Янсена и схемы, разработанной авторами (СамГТУ, кафедра ИП)

Модель «Альба Капра-2023» – это шагающая дистанционно управляемая конструкция, которая состоит из двухчастного корпуса, четырёх ног и головы, а также имеет вспомогательные элементы комплектации – влагозащитную оболочку и съёмную конструкцию для установки подноса.

На рис. 2 показан общий вид шагающей модели «Альба Капра» без вспомогательных элементов комплектации и приведена краткая экспликация составных частей.

Большая часть деталей шагающей модели изготавливается из фанеры путём раскроя на фрезерно-гравировальном станке с числовым программным управлением. Шестерни изготавливаются из листовой стали путём раскроя

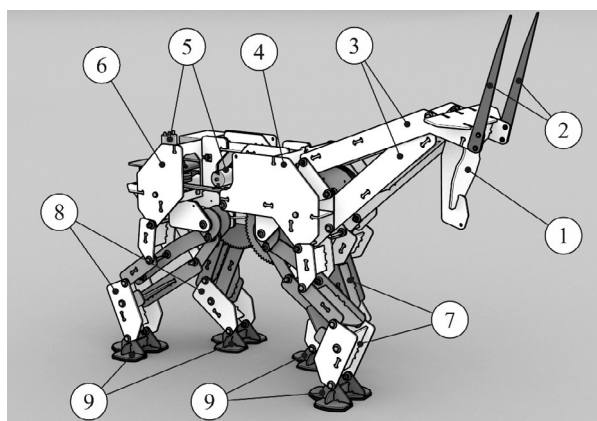


Рис. 2. Общий вид шагающей модели:

- 1 – голова; 2 – съёмные рога;
- 3 – подвижные элементы шеи; 4 – передняя часть корпуса; 5 – задние ноги; 6 – задняя часть корпуса;
- 7 – передние ноги; 8 – задние ноги; 9 – опорные части ног в форме копыта

на станке для плазменного раскроя листового металла.

Шарнирные узлы и крупные сборные элементы крепятся с использованием шпилек, болтов, гаек и шайб. В узлы, в которых происходит постоянное вращение, устанавливаются подшипники. Некоторые сборные элементы из фанеры соединяются с помощью шурупов.

Раскраска основного изделия выполняется в соответствии с рис. 2. Детали корпуса, головы и несколько деталей ног окрашены в белый цвет, а внутренние детали корпуса и части ног, примыкающие к корпусу, – в светло-серый цвет. Шурупы, используемые для сборки фанерных деталей, а также болты, гайки и шайбы из соображений ремонтнопригодности требуются оставить без окраски.

Шагающая модель предназначена для передвижения, маневрирования и разворотов в горизонтальном направлении путём последовательного перемещения опор (шагания) в условиях экспозиционного пространства. Возможность горизонтального передвижения, совмещённого с функцией поворота, а также подъёма и опускания головы модели обеспечивается специально разработанной авторами проектом кинематической системы объекта.

Оптимальная скорость перемещения опор (цикличность шага), когда отдельно взятая нога возвращается в одну и ту же точку на траектории, варьируется в диапазоне времени от двух до трех секунд.

Объекты приводятся в движение с помощью электродвигателей требуемой мощности. Двигатель, расположенный на корпусе справа, обеспечивает подъём и опускание головы, левый двигатель нужен для преобразования вращательного движения в шаг, а двигатель, расположенный

сзади, осуществляет поворот конструкции. Крутящий момент от электродвигателей передаётся на шестерни в несущем каркасе изделия. Система шестерней каждого из двигателей замедляет скорость вращения и соответственно увеличивает мощность крутящего момента в 8 раз.

Питание электродвигателей обеспечивают сменные комплекты аккумуляторов. В каждом комплекте имеется по три аккумулятора, всего их шесть. Расчётное время автономной работы на одном комплекте аккумуляторов составляет 45 мин.

Шагающая модель также оснащается системой дистанционного управления (по Wi-Fi или Bluetooth связи). Система управления включает в себя: контроллер, модуль связи, модуль обнаружения препятствий. Управление осуществляется через специально разрабатываемое приложение для операционной системы Android, которое свободно может быть установлено на любой смартфон или планшет с требуемыми техническими характеристиками.

В специально разрабатываемом приложении для ОС Android предусмотрено три режима работы: 1) режим «Пульты ДУ», 2) режим «Исполнения траектории», 3) режим «Создания, редактирования и сохранения траектории».

Для раскроя фанерных и стальных деталей подготовлены специальные выкройки в векторном формате (рис. 3), а для установки двигателей и аккумуляторов разработаны и изготовлены на 3d-принтере специальные пластиковые детали.

Корпус шагающей модели состоит из двух частей – передней, к которой крепится голова, и задней, на которой установлен механизм поворота. Две части корпуса шагающей модели крепятся друг к другу при помощи двух болтовых соединений, на оси которых располагается точка изгиба карданного вала, который в свою очередь передаёт вращательное движение от одной части корпуса к другой. На рис. 4 показано соединение карданного вала с двигателем через систему зубчатых колёс.

Таким образом, корпус четвероногой шагающей модели имеет возможность изгибаться и одновременно продолжать движение. От угла изгиба корпуса зависит радиус поворота изделия при ходьбе.

Максимальный угол отклонения передней части относительно задней составляет 60 град влево и 60 град вправо. На рис. 5 показаны три базовых режима движения шагающей модели: 1) максимальный поворот влево, 2) движение прямо, 3) максимальный поворот вправо.

В нижней части шагающая модель имеет четыре ноги, движение и конструкция которых строится на уникальной кинематической схеме преобразования вращательного движения в шаг (авторы кинематической схемы А. П. Раков и Ю. С. Ратиева). Ноги поочередно совер-

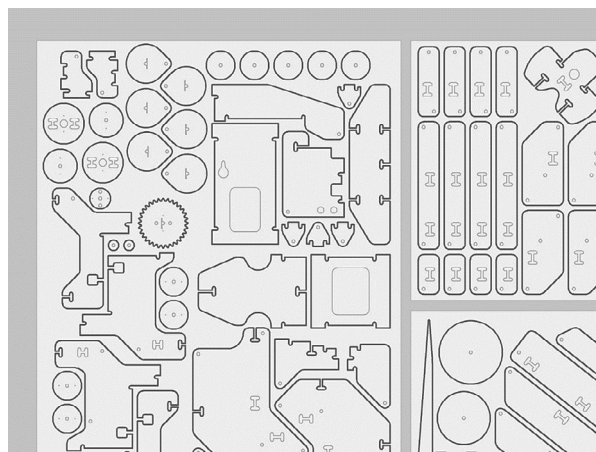


Рис. 3. Векторные выкройки для раскроя деталей

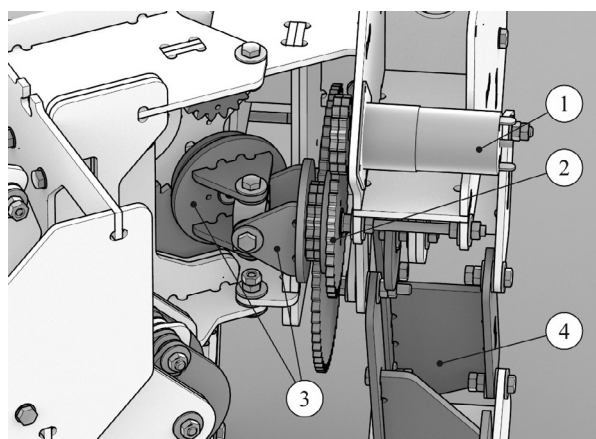


Рис. 4. Соединение карданного вала с двигателем:  
1 – электродвигатель; 2 – система зубчатых колёс;  
3 – элементы карданного вала;  
4 – нога шагающей модели

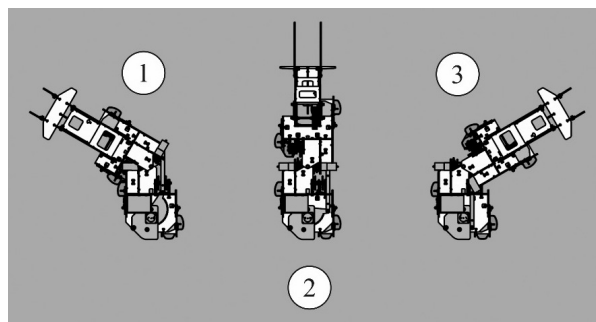


Рис. 5. Три базовых режима движения шагающей модели

шают шагающие движения, которые и приводят в движение всю конструкцию. Две ноги крепятся к передней части корпуса и две ноги – к задней части. Каждая нога имеет завершение в виде опорной части.

В передней части шагающая модель имеет подвижную голову со съёмными рогами. Голова двигается только вверх и вниз. В крайнем верхнем положении рога направлены вверх, а в крайнем нижнем положении рога разворачиваются горизонтально и ложатся на пол.

Таким образом, голова может выполнять функцию подъёмника, с помощью которого можно поднимать с пола предметы размером с футбольный мяч.

Основное изделие «Альба Капра – 2023» имеет следующие габаритные размеры: высота в холке и высота с опущенной головой (от низа опорной части ног до верха двухчастного корпуса) – 540 мм. Высота общая с поднятой головой (от низа опорной части ног до верхней точки корогов) – 840 мм. Продольный размер с подня-

той головой – 1005 мм. Продольный размер с опущенной головой – 1080 мм. Поперечный размер в режиме движения прямо – 330 мм.

На рис. 6 показаны размеры основного изделия по сравнению с фигурой человека среднего роста. Расчётный вес основного изделия в собранном состоянии составляет 25 кг.

Под продольным размером в данном проекте понимается дистанция, измеряемая вдоль направления перемещения конструкции, а под поперечным размером – дистанция, измеряемая перпендикулярно направлению перемещения конструкции.

В ходе создания прототипа и в результате его тестирования был проведен анализ траекторий перемещения шагающих опор, который подтвердил правильность ранее выполненных расчётов.

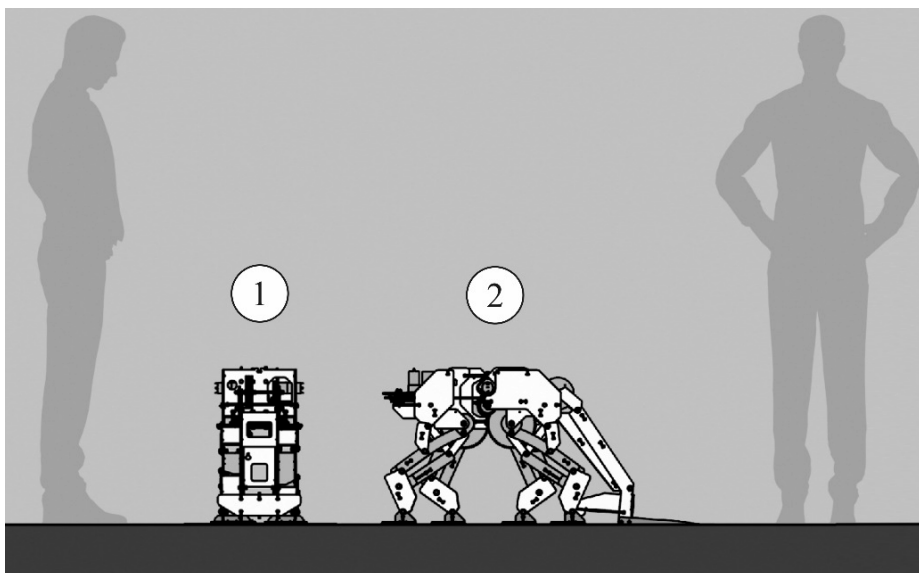


Рис. 6. Габаритные размеры шагающей модели «Альба Капра»: 1 – вид спереди с опущенной головой; 2 – вид сбоку с опущенной головой

**Вывод.** Предложенный шагающий механизм может перемещаться по разным ландшафтам. Основная цель разработки схем преобразования вращательного движения в шаг состоит в том, чтобы, наблюдая за передвижением людей и животных, создать кинематику, которая была бы более эффективной при преодолении пересеченной местности тяжёлыми шагающими конструкциями.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Статья о проекте Ларифуга на официальном сайте СамГТУ <https://samgtu.ru/news/view/larifugi-politexa-na-vsemimnom-festivale-v-sochi> (дата обращения: 30.12.2021).

2. Borkhataria C. The bizarre 'house on legs' that can REALLY give you a mobile office (and its inventors say it could even one day explore the moon) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-5122633/The-house-legs-make-office-mobile.html> (дата обращения: 21.12.2021).

3. Малахов С.А., Раков А.П. Футуристическое предсказание в формообразовании // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14, №2. С 260–263.

4. Федоров И.Б., Павлихин Г.П. Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана. 175 лет. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 352 с.

5. Чебышев П.Л. Полное собрание сочинений. Т. IV: Теория механизмов. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. 255 с.

6. Научное наследие П.Л. Чебышева. Вып. 2: Теория механизмов. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1945. 192 с.

7. Проект «Механизмы П.Л. Чебышева» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tcheb.ru> (дата обращения: 01.09.2022).

8. Делла-Вос В.К. Описание учебных коллекций, назначенных для изучения механических искусств в мастерских ИМТУ. М., 1873. 36 с.

9. Николаева Г.А., Зиновьева Л.Е. Экспериментально-опытный завод МВТУ им. Н.Э. Баумана 1832–1952. М.: Изд-во МВТУ, 1982. 47 с.

## REFERENCES

1. About Larifuga project (on the official website of SSTU). Available at: <https://samgtu.ru/news/view/larifugi-politexa-na-vsemirnrom-festivale-v-sochi> (accessed 30 December 2021).

2. Borkhataria C. The bizarre ‘house on legs’ that can REALLY give you a mobile office (and its inventors say it could even one day explore the moon) Dailymail (2021). Available at: <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-5122633/The-house-legs-make-office-mobile.html> (accessed 21 December 2021).

3. Malakhov S.A., Rakov A.P. Futuristic prediction in form making. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2012, vol. 14, no.2, pp. 260-263. (in Russian)

4. Fedorov I.B., Pavlikhin G.P. *Bauman Moscow State Technical University. 175 years* [The Bauman Moscow State Technical University. 175 years]. Moscow, Publisher BMSTU, 2005. 352 p.

5. Chebyshev P.L. *Polnoe sobranie sochinenij. T. IV: Teoriya mekhanizmov* [The Complete Works. Vol. IV: Theory of Mechanisms]. Moscow, Leningrad, Publisher AS USSR, 1948. 255 p.

6. *Nauchnoe nasledie P.L. Chebysheva. Vyp. 2: Teoriya mekhanizmov* [Scientific heritage of P.L. Chebyshev. Release 2: Theory of mechanisms]. Moscow, Leningrad, Publisher AS USSR, 1945. 192 p.

7. The project “Mechanisms of P.L. Chebyshev” [official website of project]. Available at: <http://www.tcheb.ru> (accessed 01 September 2022).

8. Della-Vos V.K. *Opisanie uchebnyh kolektsij, naznachennyh dlya izucheniya mekhanicheskikh iskusstv v masterskikh IMTU* [Description of educational collections designated for the study of mechanical arts in workshops IMTS]. Moscow, 1873. 36 p.

9. Nikolaeva G.A., Zinov'eva L.E. *Eksperimental'no-opytnyj zavod MVTU im. N.E. Baumana 1832–1952* [Experimental and experimental plant Bauman MHTS 1832–1952]. Moscow, Publisher MHTS, 1982. 47 p.

Об авторах:

### РАКОВ Антон Петрович

кандидат архитектуры, и.о. заведующего кафедрой инновационного проектирования Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: [radesign@inbox.ru](mailto:radesign@inbox.ru)  
доцент кафедры архитектуры Московский государственный строительный университет 129337, Центральный федеральный округ, г. Москва, Ярославское шоссе, 26 E-mail: [RakovAP@mgsu.ru](mailto:RakovAP@mgsu.ru)

### RAKOV Anton P.

PhD in Architecture, Member of the Russia Designers Association Associate Professor of the Innovative Design Chair, Acting Head of the Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: [radesign@inbox.ru](mailto:radesign@inbox.ru)  
Associate Professor of the Architecture Chair Moscow State University of Civil Engineering 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26 E-mail: [RakovAP@mgsu.ru](mailto:RakovAP@mgsu.ru)

### РАТИЕВА Юлия Сергеевна

ассистент кафедры инновационного проектирования Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: [radesign@inbox.ru](mailto:radesign@inbox.ru)

### RATIEVA Yulia S.

Assistant of the Innovative Design Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: [radesign@inbox.ru](mailto:radesign@inbox.ru)

Для цитирования: Раков А.П., Ратиева Ю.С. Интерактивные шагающие модели «Альба Капра» // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12, № 4. С. 157–161. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.04.19.

For citation: Rakov A.P., Ratieva Yu.S. "Alba Capra" Interactive Walking Models. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2022, vol. 12, no. 4, pp. 157–161. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.04.19.