



## Объединенное СКБ

2023-2024 учебный год

### Проект "Робо-рикша"

Название этапа работы	Исследование модели «шагающего» перемещения
Авторы	Андреев Даниил (6 класс), Петров Федор (7 класс)
Конкурс	Всероссийский творческий конкурс «Летим, плывём и едем» (2023), номинация «Техническое моделирование»

### Аннотация

**Цель этапа:** Определить целесообразность использования шагающего механизма в задачах перевозки грузов.

**Используемые инструменты и технологии:** Моделирование, станок лазерной резки, ручные инструменты и запрессованное соединение.

Данная работа представляет собой завершённый этап изучения локомоций, свойственных человеку, на примере механического устройства. В результате разработки получены несколько действующих моделей, демонстрирующих возможности «хождения» механического устройства. На их основе проведены исследования такого способа перемещения и проведено сравнение с наиболее распространённым видом привода - колёсным. Также описаны исторические факты использования «хождения» для перевозки грузов в быту. Проведены расчёты для оценки особенностей движения человека и механизмов.

Результаты будут положены в дальнейшее развитие проекта по созданию робота, способного перемещать грузы в условиях, наиболее соответствующих преимуществам «хождения».

### Содержание работы

Сегодня большой популярностью пользуется колёсный транспорт, автомобили. Удобство и распространённость говорят сами за себя. Но можно ли сказать, что такой вид транспорта годится для любых условий? Рассмотрим возможную альтернативу и условия, в которых её использование даст преимущество.

Начнем с одной из таких альтернатив, которая существует, казалось бы с незапамятных времен и называется «рикша».

### Из истории

История рикши начинается около 18 века в Китае, где они впервые появились как средство передвижения для знати и богатых купцов. Рикши были известны как кули или рикшу, и они были основным средством общественного транспорта в городах Китая до 20 века. С распространением автомобилей и общественного транспорта популярность рикш начала снижаться. Однако они продолжали использоваться в некоторых странах, таких как Япония и Филиппины, до начала 21 века. В Японии рикши стали символом культуры и истории страны, и их использование было официально прекращено только в 2013 году. В настоящее время рикши используются в качестве туристического аттракциона в некоторых городах, а также в качестве средства передвижения для людей с ограниченными возможностями.



Фотография из открытых источников сети Интернет

### Особенности и преимущества

Сравнение классической рикши на человеческой тяге с современными, наиболее распространёнными средствами передвижения.

1. Экология. Хотя рикша не имеет большой скорости передвижения, она тратит меньше энергии, чем привычный нам автомобиль и не выбрасывает токсичные вещества в окружающую среду.
2. Стоимость. Поездки на рикше менее дорогие, чем поездки на автомобиле. Топливо с каждым годом дорожает, его становится все меньше и меньше на нашей планете, недавно у нас появился альтернативный источник энергии - электричество. Появляются электромобили, как следствие технологического прогресса.
3. Гибкость. Можно разделить на два направления использования: в городе и в сельской отдаленной местности. В городе рикша из-за своих особенностей может пользоваться велодорожками для объезда пробок. Тем самым ускоряя перевозку в часы пик. В отдаленной местности рикша позволяет без специальной инфраструктуры продолжать работу. Ей не требуются специальных заправок, обслуживание не требует высоких технологий.

Одной из задач данной работы является изучение возможностей по возрождению рикши с использованием современных технологий.



Фотография из открытых источников сети Интернет

## Экспериментальная часть

### КПД "хождения" человека

Определим КПД обычного человека. Для этого используем следующий подход: зафиксируем перемещения и энергетическую ценность еды за один день. Результаты приведены в таблице ниже.

Перемещение	Расстояние	Меню	Калории
Дом - школа	1,68 км	Свежие яйца (2 перепелиных)	32 ккал
Школа - дом	1,68 км	Завтрак, обед в школе (плотный)	1200 ккал
От дома на кружок	1,84 км	Блины, котлеты	725 ккал
Пешком с кружка до дома	1,84 км	Ничего после кружка не ем	-
В квартире ходил	300 м	Ужин (котлеты, каша, салат, компот)	950 ккал
Итого	7,34 км	-	2907 ккал

В журнале Advances in Physiotherapy было сказано, что за 30 минут медленной ходьбы (скорость 3 км/ч) сжигается в среднем 150 ккал, а быстрой ходьбы (6-7 км/ч) — 300 ккал. В результате мы видим, что в среднем при скорости ходьбы 5 км/ч за 60 минут можно сжечь около 350 ккал.<sup>1)</sup>

Исходя из приведенных данных по перемещению получаем, что было потрачено около 375 килокалорий.

Стоит отметить, что полученная с едой энергия тратится не только на перемещения. Так, в среднем, проводящий весь день сидя человек тратит около 2000 килокалорий. Для женщин этот показатель составляет около 1800 ккал, для мужчин — около 2400 ккал. Такое количество питательных веществ обеспечивает достаточно сил для жизнедеятельности и при этом не вызывает появления лишних килограммов.<sup>2)</sup>

Потребление энергии можно было бы измерить более точно, не пользуясь сторонними источниками и не уменьшая точность путем усреднения. Но для целей нашего исследования достаточно получить качественный, а не количественный результат в части определения КПД «хождения» человека. В случае необходимости в будущих исследованиях можно было бы уточнить требуемые величины длительным наблюдением за состоянием веса. Если уменьшается значит недостаточно калорий, если нарастает - значит избыток. При нормальном питании вес не меняется. Наблюдения необходимо провести дважды: один раз при пассивном образе жизни, второй - с избытком физических нагрузок.

В нашем случае важно определить насколько эффективно используется пища в «хождении», поэтому используем следующую формулу для определения КПД перемещения (за день):

$$\text{Энергия на хождение} / \text{Энергия потребленная из пищи} = 375 / 2907 = 15,8\% (1)$$

Полученное значение очень невелико, поскольку помимо движения человеческое тело расходует энергию на поддержание жизнедеятельности, обдумывание и принятие решений.

### Сравнительная характеристика

Сравним некоторые показатели классической рикши и других типичных, передовых средств передвижения. Для этого возьмем для сравнения автомобиль с бензиновым двигателем внутреннего сгорания, а также электромобиль (данные взяты из открытых источников для легкового типа средства передвижения). Полученные данные сведем в таблицу.

Параметр сравнения	Рикша	Автомобиль	Электромобиль
Масса без груза	25 кг	около 1,5 тонн	2 тонны
Стоимость проезда 1 км	30 руб	20 руб	1 руб
Запас хода	~10 км	~500 км	~325 км
Грузоподъемность	200 кг	500 кг	700 кг
КПД	15,8%	25%	75%
Проходимость	высокая	низкая	низкая

Данные в таблице имеют оценочный характер и достаточны для целей текущей работы - качественной оценки особенностей рикши в сравнении с другими средствами передвижения. Для количественной оценки требуется дополнительное исследование и уточнение параметров каждого средства передвижения.

Расчет стоимости проезда рикши берем из расчета 300 руб в день на еду, максимальный запас хода при этом 40 км.  $300/10 = 30$  руб/км.

Приведенный для рикши КПД, безусловно будет меняться в сторону увеличения при тренировках «водителя». Запас хода также будет увеличиваться при увеличении специализации деятельности человека. Границы этого увеличения еще предстоит определить, но учитывая опыт марафонцев - предел запаса хода человека в беге - 40 км. На что тратится около 1600 ккал. В этом случае КПД уже очень близок 50%, но стоит помнить, что после такого забега требуется длительный отдых, а сами нагрузки близки к пиковым. Поэтому истинный КПД будет между указанными значениями и весьма вероятно - близок двигателю внутреннего сгорания.

### Промежуточный итог

Использование электрического двигателя в сочетании с принципом движения рикши могут дать эффект, как в современных мегаполисах для сокращения времени перемещения по пробкам, так и далеко за их пределами, где местность не имеет специальной подготовки, хороших дорог. Вывод - целесообразно продолжить работу над изучение возможностей механизма, имитирующего движение «шагом».

## Исследование механики "рикши"

Ниже представлен дневник разработки механической модели «рикши». Разработка велась по двум вариантам исполнения тележки: с колесами или со скользящими подпорками.

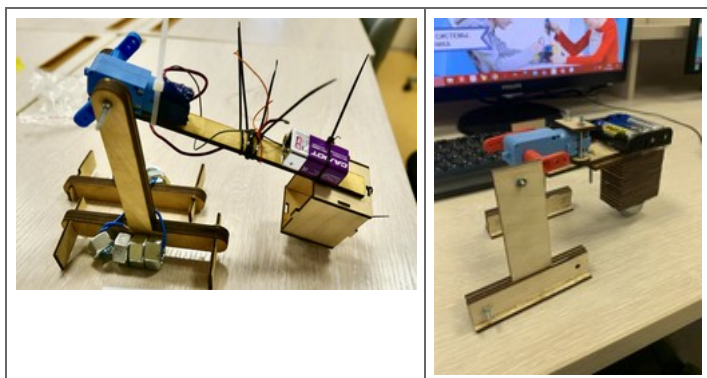
### 1 шаг разработки

Были сделаны ноги и подсоединён мотор. В результате мотор вертится, провода закручиваются, а ноги не идут.



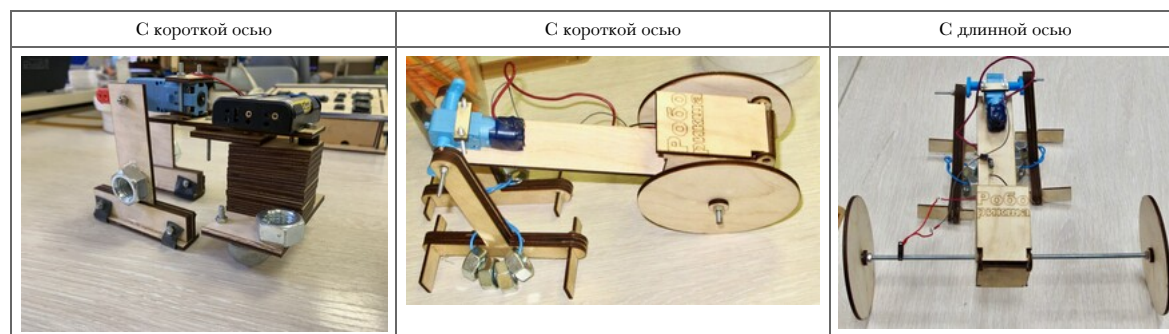
### 2 шаг разработки

Было решено прикрепить мотор к планке, чтобы он не вертелся. Этого можно добиться, поскольку планка упирается в стол. При этом робот начал ходить, заваливался налево или направо, медленно шел или оставался на месте.



### 3 шаг разработки

Для решения проблемы «заваливания», необходимо, чтобы у механизма в каждый момент времени было не менее 3х точек опоры. Получилось 2 вида тележки: с коротким и длинным расстоянием между точками контакта с поверхностью стола.

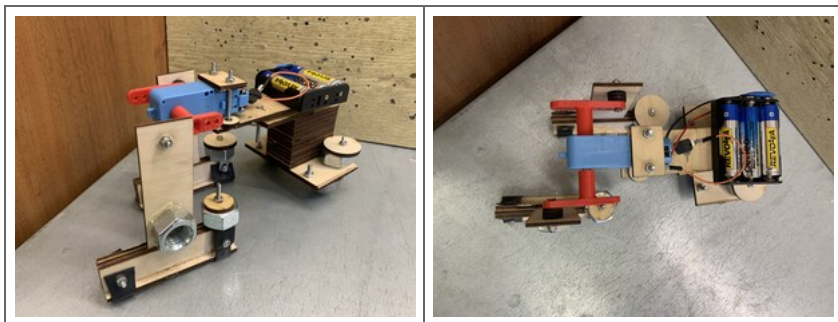


Недостаток механизма с короткими осями заключается в том, что существовала проблема «заваливания» и «пробуксовки» всего устройства.

Длинная ось решила проблему «заваливания», но не решила проблему «пробуксовки» из-за быстрого вращения вала мотора, ноги двигались очень быстро, и конструкция «топталась» на месте.

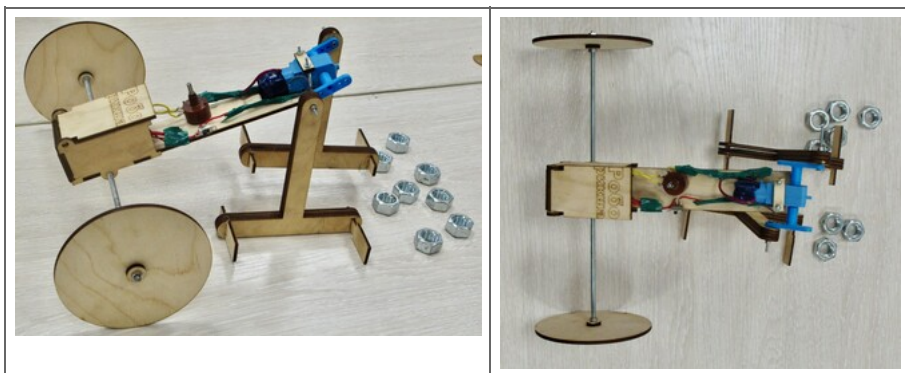
### 4 шаг разработки

Были добавлены утяжелители, чтобы решить проблему «пробуксовки». Было выяснено, что при определенной развесовке ноги и при определенных скоростях «шагания» модель не только не движется вперед, но и может двигаться назад.



### 5 шаг разработки

Был добавлен переменный резистор, благодаря этому стало возможно контролировать скорость ходьбы. Была решена проблема «пробуксовки». Мотор стал вращаться медленней, а робот передвигаться быстрее. Он даже смог преодолеть препятствия из газка. При определенных скоростях вращения мотора ноги «заплетаются». Решить этот вопрос помогают результаты шага 4 - добавление грузов и изменение развесовки ноги.



### Экспериментальное определение КПД "хождения" модели рикши

Эксперимент заключался в определении пути, пройденного моделью, и сравнению его с путем, пройденным точками подвеса «ног». Таким образом можно найти отношение преобразования наиболее распространенного вращательного движения, например, колеса, и «хождением» предлагаемого механизма. Если предположить, что вместо вращения точек подвеса вращать колеса такого же диаметра с целью перемещения, можно оценить КПД исследуемого перемещения.

Периметр окружности, которая проходит точка подвеса ноги = 12.56 см.

В случае колесной тележки с длинной осью с подобранной скоростью вращения мотора для наиболее быстрого продвижения вперед.

Расстояние ходьбы [см]	Обороты	Путь точки подвеса [см]	КПД
56	6	75.36	74.3%
47	6	75.36	62.3%
54	6	75.36	71.6%

Средний КПД: 69.4%.

В случае тележки со скользкими подпорками с оптимальной развесовкой для быстрого движения вперед.

Расстояние ходьбы [см]	Обороты	Путь точки подвеса [см]	КПД
70	7	88	79.5%
40	6	75	53.3%
30	4	50	60%

Средний КПД: 64.3%.

### Выводы

В результате работы над проектом были получены экспериментальные данные, а также подобраны данные для анализа, разработана механическая модель движителя, участвующего в перемещении груза, «рикши».

Использование электрического двигателя в сочетании с принципом движения рикши могут дать эффект, как в современных мегаполисах для сокращения времени перемещения по пробкам, так и далеко за их пределами, где местность не имеет специальной подготовки, хороших дорог. Рикша на человеческой тяге при этом будет уступать идеализированному электрическому аналогу в части эффективного расхода энергии на 1 км пути.

Экспериментальное изучение механической модели «рикши» показало, что выбранная схема движения снижает КПД перемещения, что ведет к ухудшению показателей по сравнению с идеальным вариантом преобразования энергии в движение, приближает показатели механической системы к человеческой эффективности.

В модели выявлены параметры, которые влияют на ее управляемость. В дальнейшей работе необходимо лучше понять оптимальные режимы движения выбранной модели рикши с целью вынесения окончательного решения по ее применимости в качестве средства перемещения грузов в сравнении с другими современными средствами передвижения. Немаловажно также определить способы «руления» полученной конструкции, а также возможные альтернативы в части привода движения, который смог бы приблизить механическую систему «рикши» к идеальным показателям КПД передовой современной техники.

1)

Расход энергии человеком при перемещениях сайта <https://marathonec.ru/szhiganie-kalorij-pri-xodbe/#:~:text=%D0%B2%20%D0%B6%D1%83%D1%80%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B5%20Advances%20in%20Physiotherapy,%D0%BC%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D0%BE%20%D1%81%20>

