

# Кулачковая опора для шагающего механизма П.Л.Чебышева

Видеоролик о работе: <https://youtu.be/sEm65463HaU>





# Кулачковая опора для шагающего механизма П.Л.Чебышева



**Васильева Анастасия Андреевна,  
7 класс, кружок «Юный физик –  
умелые руки», Гимназия №5,  
город Королёв (мкр. Юбилейный),  
Московская область, cfmo.usoz.ru**

**Научный руководитель  
Дроботов Виктор Борисович,  
Московский авиационный институт  
(НИУ), заместитель декана факультета  
«Прикладная математика и физика»**

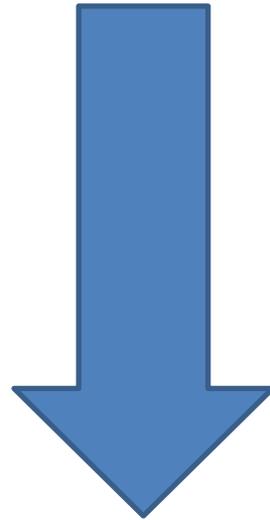


***Благодарность!***

***Работа выполнена при поддержке Благотворительного фонда  
«Образование+» и Московского авиационного института (НИУ)***

# Решаемая проблема – экологичность движения, транспорт для Севера

Реальная обстановка: проекты есть, но шагоходов нет



Почему нет шагоходов?

Изучаю только одну причину

## Техническая задача – создать шагающий транспорт

Одна из технических трудностей – классическая конфигурация шагохода

# Анализ литературы

П.Л.Чебышев, 1895



Шагоход П.Л.Чебышева

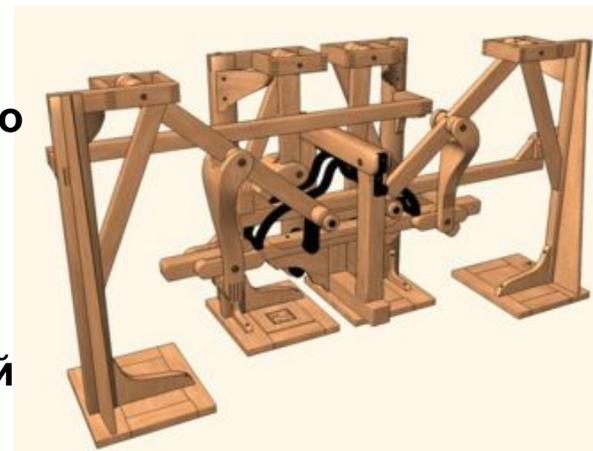


Н.Н.Андреев  
«Математические  
ЭТЮДЫ»

Математический институт  
им. В.А.Стеклова



Музей истории  
Санкт-  
Петербургского  
государственного  
университета в  
Здании  
Двенадцати  
коллегий на  
Университетской  
набережной



Все фотографии без ссылок взяты из архива нашего дружного кружка «Юный физик – умелые руки» с сайта [cfmo.ucoz.ru](http://cfmo.ucoz.ru) (Архив событий), разрешение руководителя кружка получено

# Анализ литературы

Пять шагоходов изготовлены в нашем дружном кружке «Юный физик – умелые руки»

А.А.Скворцова (НИУ МАИ),  
Э.Д.Папиашвили (РУДН)



«Комар» (SIEMENS)



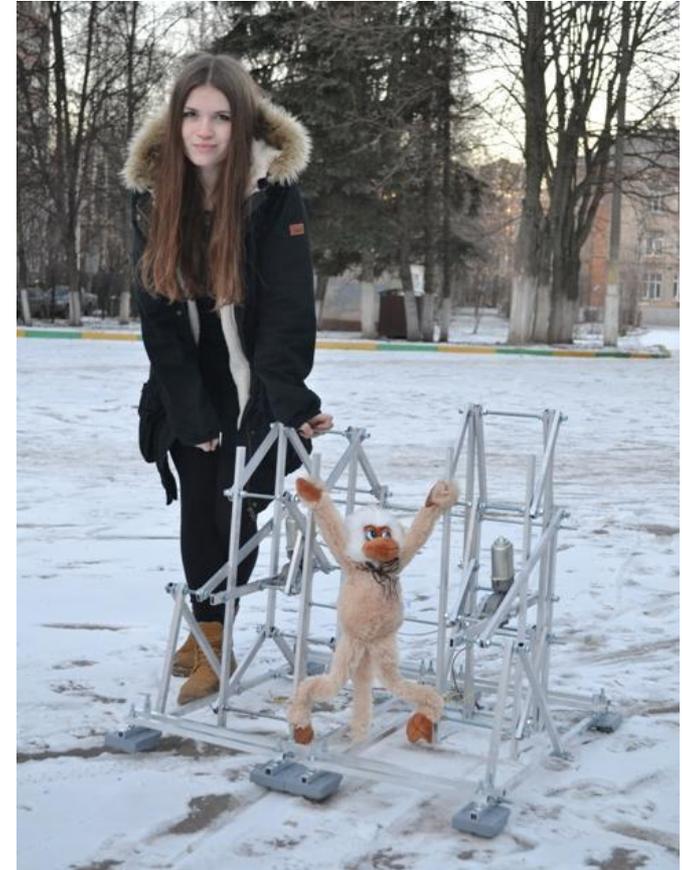
«Таракан» (TEDx)



«Лыжник» (МФТИ, МАИ)



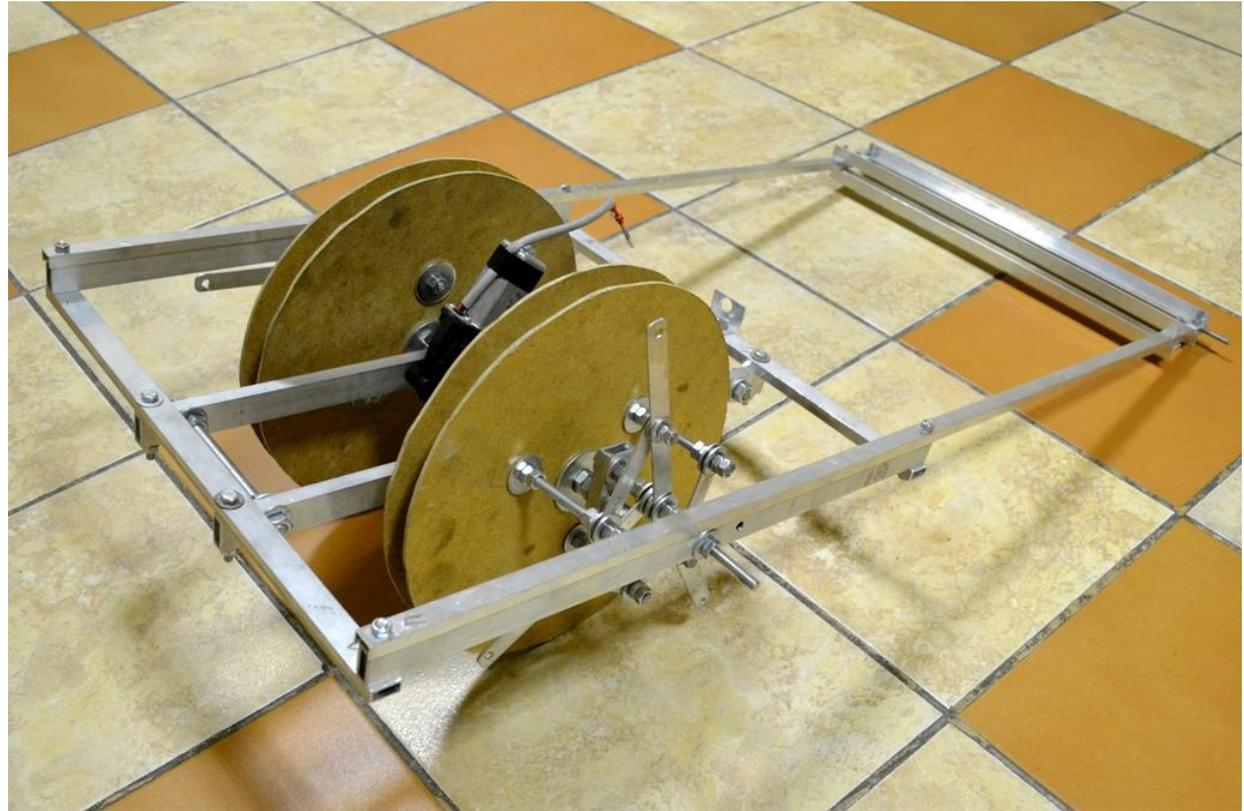
«Цапля»  
(МАКС-2015,



«Жака» (грант УМНИК-РАН  
500.000 руб.)

# Анализ литературы

В.С.Жукова  
(НИУ МГТУ им. Н.Э.Баумана)



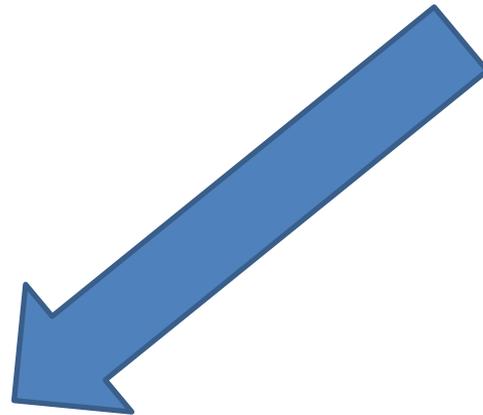
## Шагающее колесо



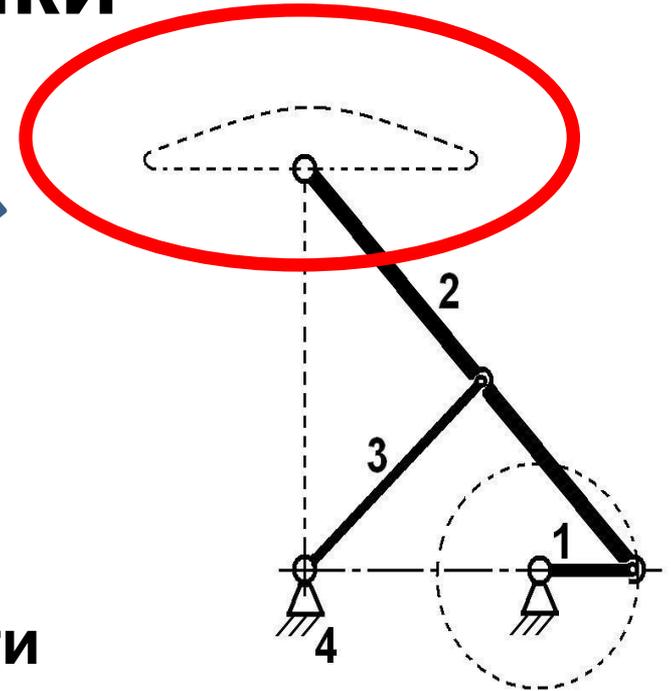
# Частная техническая задача - перенос шагающей траектории опорной точки



Внизу - нормально



Как перенести  
траекторию?



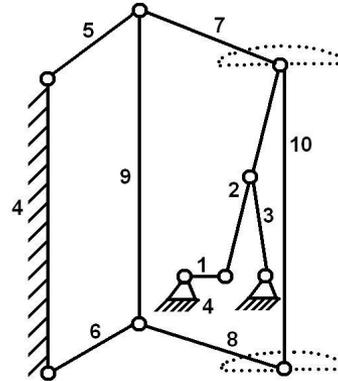
Вверху - плохо

Актуальность работы. Не создано шагающих механизмов с нижним расположением траектории.

# Итог анализа литературы: три способа переноса шагающей траектории

Патент RU 2712370

Патент RU 2734175



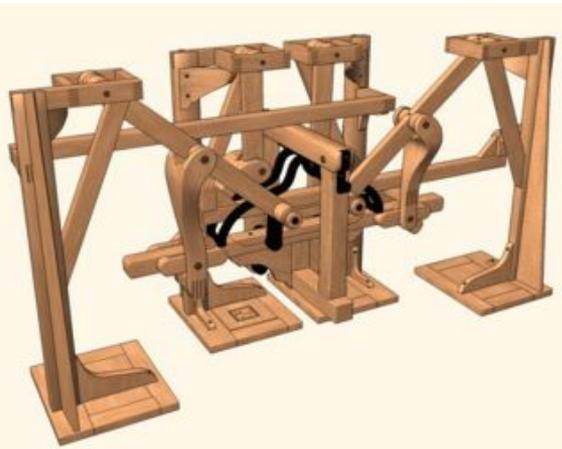
Двойной параллелограмм П.  
Л.Чебышева



В.С.Жукова

(патент на изобретение)

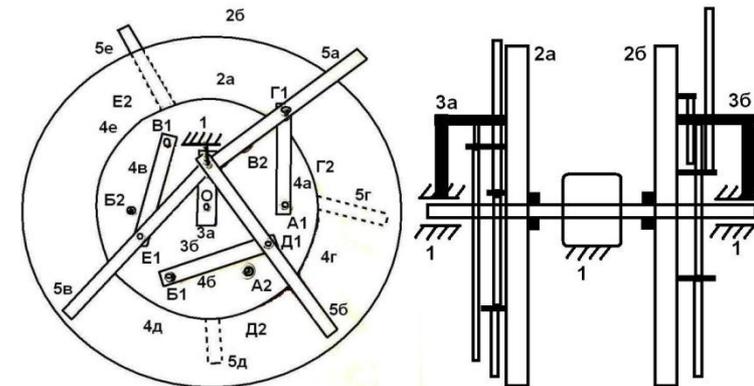
П.Л.Чебышев (1895)



Шатуны-опоры



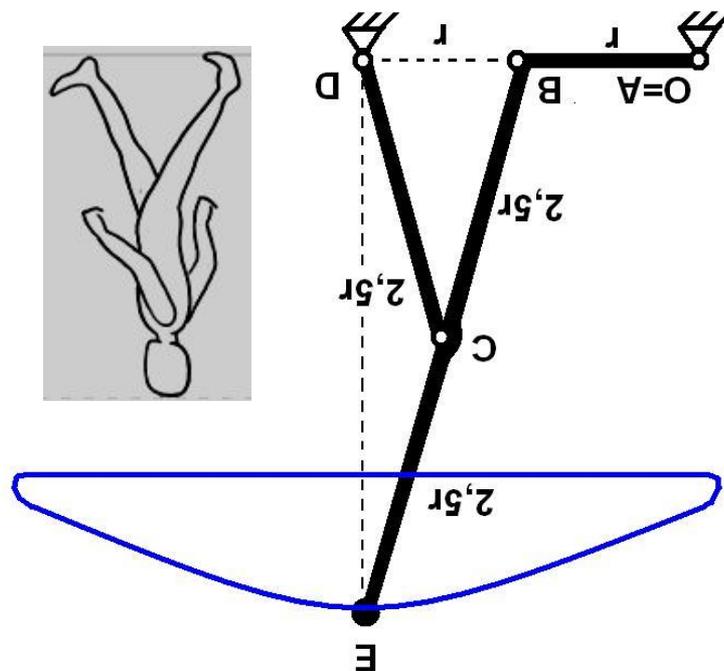
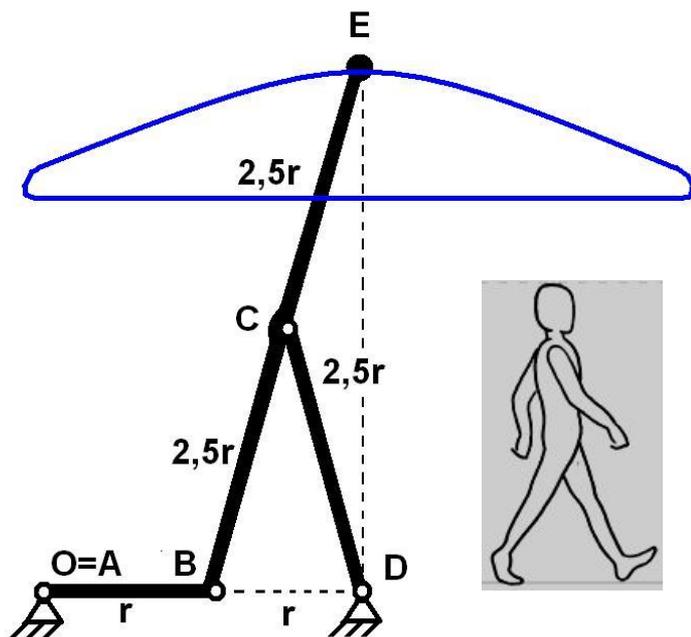
А.А.Скворцова  
(патент на изобретение)



Роторная схема,  
переворот траектории

# Новое техническое предложение

## Переворачивать нельзя



Ноги и опора должны быть внизу

Можно дополнить и обрезать

# Первый шаг

## Волшебная рабочая точка E

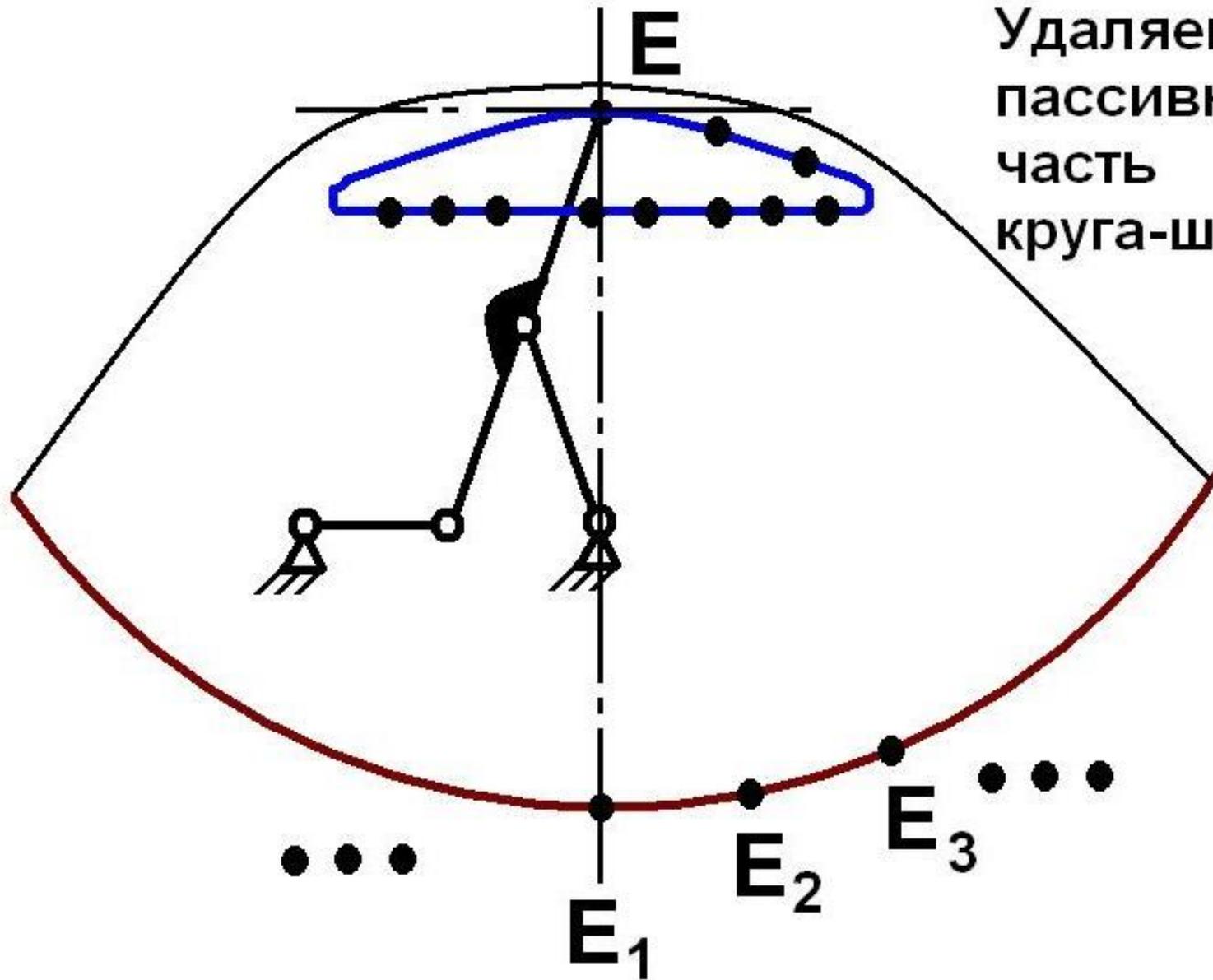
## Новая деталь – круг-шатун-опора



Новые опорные точки шагающего механизма сместились вниз, опора движется по прямолинейному отрезку, но со скольжением обода колеса

# Второй шаг

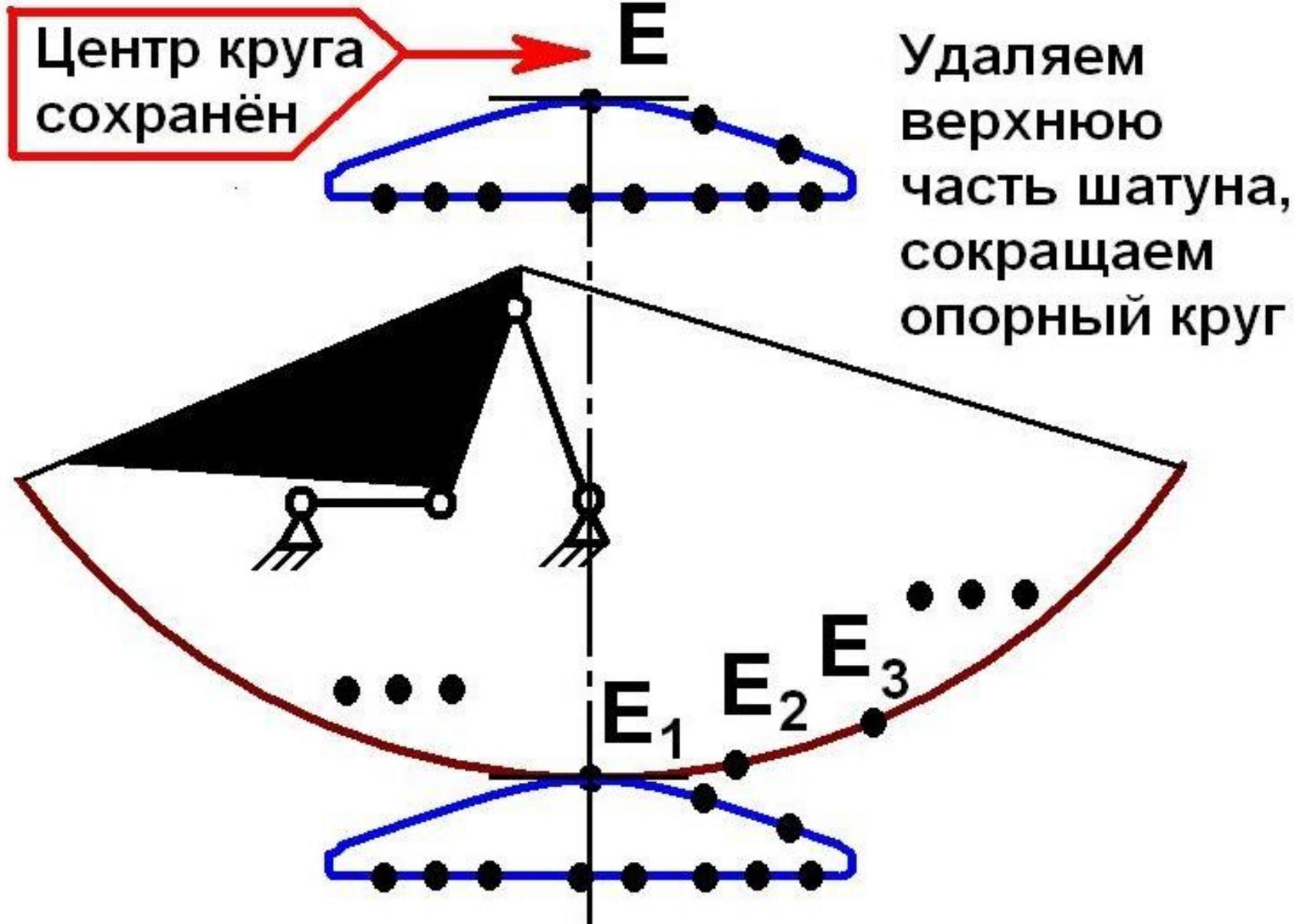
# Обрезаем лишнее



Удаляем  
пассивную  
часть  
круга-шатуна

# Третий шаг

Принципиально новое решение – обрезаем шатун вместе с бывшей опорной рабочей точкой



# Сначала был собран макет одного механизма



Главная идея.

1. Новый шатун-круг-опора.

2. Сохранение основы – лямбдаобразного механизма П.Л. Чебышева.

3. Дополнение известного шарнирно-рычажного механизма кулачком.

4. Работа нового элемента-кулачка как опоры.

**Жукова В.С. – автор и патентообладатель (RU 2734175)**  
**Федоров А.С. – собирал в кружке другой механизм**

**Технология  
отработана, но  
перебирать пришлось  
много раз**



**В кружке накоплен опыт работы с  
велосипедными деталями,  
дюралюминиевыми профилями и  
электродвигателем от  
стеклоподъёмника ВАЗ, основной  
станок - сверлильный**

# Два механизма П.Л.Чебышева на одном кривошипе (П.Л. Чебышев, А.А.Скворцова, Э.Д. Папиашвили, В.С.Жукова)

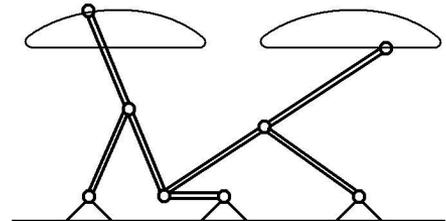


Схема из патента RU  
2734175 В.С.Жуковой



Шагоход «Лыжник» А.  
А.Скворцовой и Э.Д.  
Папиашвили

Принципиальная новизна – шатуны сверху обрезаны, с  
снизу удлинены для крепления кулачковых опор

# Автономные испытания первой кулачковой опоры



**Машина на стапеле, опора «гладит» поверхность, гипотеза подтвердилась**

# Общий вид шагохода с четырьмя кулачковыми опорами (развёрнуты на противофазу)



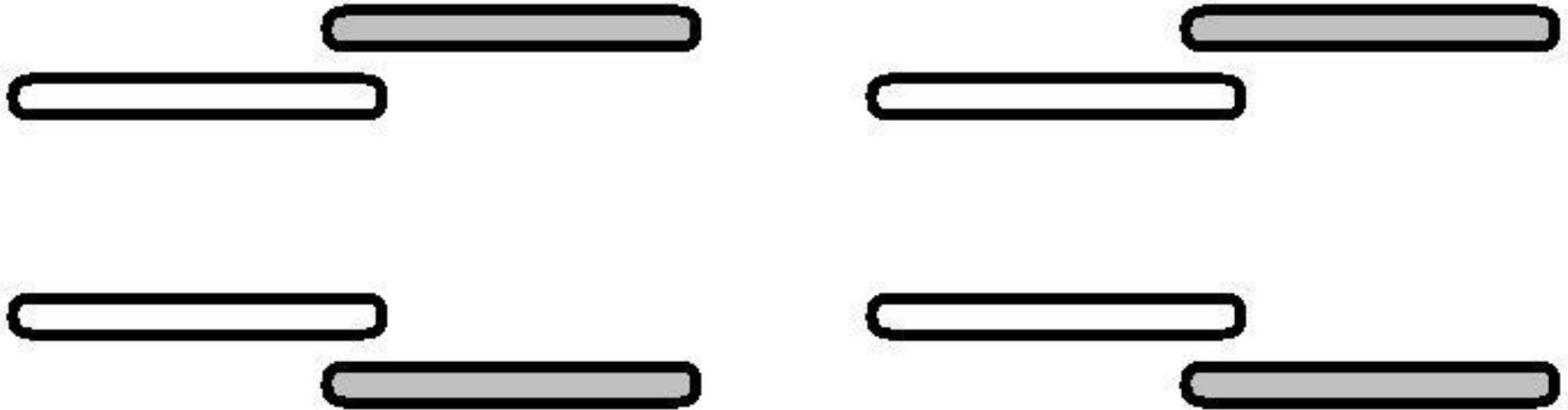
21 октября 2020 года - День рождения шестого шагохода "Василёк" в нашем дружном кружке!

# **Автономное испытание четырёх кулачковых опор (циклограмма шага «одной ногой»)**



**Цель автономного испытания – проверить плавность работы кулачковой опоры**

# Очередная задача – циклограмма работы опор



**Простейшая циклограмма –  
чередование работы  
четырёх опор  
(сдвиг по фазе 180 градусов)**

**Восемь рабочих кулачковых  
опор, две запасные  
(фанера 6 мм, ручной лобзик)**



**Большое спасибо  
студентам  
Московского  
авиационного  
института (НИУ)  
Скворцовой  
Анастасии  
Андреевне и  
Федорову Антону  
Сергеевичу за  
помощь в создании  
механизма и  
подготовке доклада**



## **Выводы**

- 1. Подтверждена гипотеза о новом кулачковом шарнирно-рычажном шагающем механизме с нижним расположением рабочей точки.**
- 2. Проведены автономные испытания отдельных деталей и комплексные испытания новой шагающей машины.**
- 3. Создана команда «Гимназия 5 – РФЯЦ-ВНИИЭФ» (Королёв-Саров) для натурного и компьютерного моделирования работы нового механизма.**
- 4. Подготовлена заявка на патент на изобретение (апрель 2021 года).**
- 5. Результаты работы заявлены для обсуждения на 7 научных конференций и конкурсов, в том числе в Институт Машиноведения РАН.**