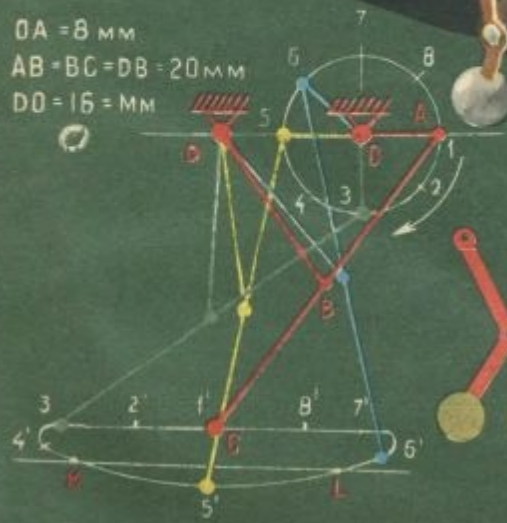


$OA = 8 \text{ мм}$
 $AB = BC = DB = 20 \text{ мм}$
 $DO = 16 \text{ мм}$



Это модель шагающей машины, со-
 кращенно ШУ. Автор ее проекта Гундар Ли-
 бертс в этом году заканчивает механиче-
 ский факультет Рижской сельскохозяйст-
 венной академии. Рудольф Якобсон, кото-
 рый ее сделал, перешел в восьмой класс.
 В Москву, на ВДНХ, она попала из Ри-
 ги, с Центральной станции юных техников
 Латвийской ССР.

Гундар Либертс — студент последнего курса Рижской сельскохозяйственной академии. В июне, когда я была в Риге, он всего готовился к защите диплома. Гундар разработал по заданию завода РЛФ микроавтобус повышенной проходимости — со всеми ведущими колесами. И в это горячее время ему пришлось искать литературу по бесколесному транспорту, не имевшую никакого отношения к диплому. Модель, которую сделали они с ребятами в лаборатории автомоделлизма и которой не придавали особого значения, вызвала вдруг повальный интерес.

О ней уже рассказывали по Рижскому телевидению, в пионерской газете, ею заинтересовались на кафедре теории машин и механизмов в академии. Гундару заказали даже статью для центрального журнала — о шагающих машинах. Только тут он и узнал, что провел с ребятами эксперимент в одной из самых неисследованных и спорных областей бездорожного транспорта.

ЧТОБЫ СДЕЛАТЬ ПЕРВЫЙ ШАГ...



«Нужно признать, что на сегодня шагание, этот «патент природы», осуществленный ею в миллионах вариантов как способ передвижения, не достигнут в имеющихся конструкциях», — сказал недавно академик И. И. Артоболевский.

Попытки создать машину на «ногах» вместо колес делаются в разных странах. Практических результатов достигли немногие. На пути создате-

лей шагающих устройств — ШУ — стоят проблемы, требующие совершенно оригинального решения. Нужно, чтобы, не теряя энергетической выгоды, система ШУ сохраняла универсальные свойства системы шагания живого организма. Для такого механизма не страшны будут ни болото, ни таежный проселок, ни гористая тропа.

В районах бездорожья сейчас можно добраться только по воздуху. Но воздушный транспорт зависит от капризов погоды и слишком дорог для массовых перевозок. Этих недостатков был бы лишен транспорт шагающий. Однако до его создания еще далеко.

Конструкторы ШУ вынуждены решать в комплексе четыре основные задачи: приспособляемость машины к переменным условиям дороги, идеальность траектории «ног», постоянное устойчивое равновесие системы, обратная связь с дорогой. Когда удастся создать механизм, обладающий всеми этими качествами, он преодолеет любую трассу, по которой пройдет человек. Заманчиво окунуть взглядом перспектив такого транспорта в труднодоступных районах. Шагающие грузовики заменят поистине «драгоценные» вертолеты, доставят и буровые вышки в таежную глушь, и геологов в тундру, и молоко на приемный пункт в распутицу.

Новое всегда волнует. Поэтому такой интерес вызвала небольшая модель Либертса и его мальчиков, когда она пошла, аккуратно перебирая миниатюрными «ножками». Казалось, что только так и должен двигаться какой-нибудь механизм-первопроходец на другой планете. И не приходила в голову мысль, что стоило большого труда заставить модель шагать.

— Модель, выставленная на ВДНХ, — второе ШУ, сделанное в нашей лаборатории. Первую мастерили полтора года, — рассказывает Гундар Либертс. — А началось все со случайной идеи...

Лаборатория автомоделлизма Центральной станции юных техников Латвийской ССР считается экспериментальной. Здесь разрабатывают новые модели, делают и опробовывают, чтобы потом распространить их чертежи и описания по республике. В этом году здесь спроектировали и построили микротрассу для гоночных электрических моделей, которую может повторить любая школа и любой Дом пионеров.

Гундар Либертс — методист в этой лаборатории. Прочитав как-то в реферативном журнале о возможности применить механизм Чебышева на шагающей модели, он решил это проверить. По вузовскому курсу теории машин и механизмов он был знаком с похожим на греческую букву «лямбда» механизмом знаменитого математика П. Л. Чебышева. Однако ничего не слышал о его «стопоходящей машине».

Поэтому разрабатывал чертежи сам. Начал с «ног». Надо было выяснить, по какой траектории она движется. Это нетрудно было определить графическим способом. Соотношения частей «ног» искал тоже на бумаге, накалывая иглой точкой их вероит-

ного соединения. Надо было найти оптимальные размеры соединений. Поаже сделал опытную «ногу» из дерева — смотрел, тщательно изучал, как она «ходит». И все-таки размеры менял не меньше десяти раз. Гундар и сейчас не уверен, что нашел самое лучшее соотношение.

— Если поискать, — говорит он, — наверняка можно подобрать более экономичные соотношения, и «нога» будет ходить рациональнее.

Рассчитав «ногу», Гундар был уверен только в том, что одна она будет перемещаться. За большее по теории не ручался. Свой выбор он остановил на шести «ногах», потому что только 3 точки опоры могли удержать модель в равновесии. «Ноги» ставились на трех мостах. На опытном деревянном мосту Гундар проверил работу пары конечностей. Все было в порядке. Однако опять нельзя было предвидеть, как поведут себя три моста сразу.

Когда были готовы эскизы, Гундар подобрал группу из трех мальчиков, занимавшихся в автомодельной лаборатории ЦСЮТ.

Гундар Лукстыньш учился в 8-м классе, Петр Озолнь и Рудолф Якобсон — в 6-м.

Они довольно быстро разобрались в чертежах и согласились попробовать сделать такую модель. Принцип работы «ног» был ребятам ясен: кинематика механизма Чебышева очень проста.

В то время решали вопрос о двигателе. От него зависели размеры «ног» и рамы. Нужен был сильный двигатель, поэтому остановились на МУ-30. В лаборатории его не было. Поменялись с кем-то на МУ-100.

Теперь Гундар разработал кинематическую схему и привод. Колена каждого моста были смещены на 180°. Это очень важно, потому что обеспечивает последовательную работу «ног»: три упрутся в землю, три перемещаются по воздуху.

Привод должен был осуществлять работу трех мостов от одной оси. Самое легкое тут — использовать червячную передачу, поставив по червяку на каждый мост. Но где найти три одинаковые передачи подходящего размера? Долго рылись в старых деталях, пока Гундар не вспомнил, как применял на одной автомодели передачу от контрабаса.

Ребята не собирались делать модель быстроходной, коленчатый вал должен совершать 1,22 об/сек. Передаточное колесо оказалось довольно большим: надо было перевести 7000 об/мин двигателя на 60 об/мин коленчатого вала. А сначала поставили двигатель на ось без колеса, думали: «Может, так побегит, что не догоним», — смеялся Гундар.

Первую модель делали целиком из дерева — и раму и «ноги». Размеры диктовались двигателем. Модель была невелика — ребята уже понимали, что у маленькой меньше инерционные силы и она должна ходить стабильнее.

С самого начала цель у этой творческой группы была твердо определена и ограничена — проверить принцип работы механизма Чебышева. Поэтому не гнались ни за размерами, ни за скоростью. Все работы носили

характер чистого эксперимента. Отдельные узлы заменялись раз за разом, особенности работы модели определялись опытным путем. Каждый этап заставлял перебирать десятки вариантов и обязательно приносил какие-нибудь открытия.

Когда, наконец, собрали модель, поставили на пол и включили в сеть, она задрожала от работающего двигателя, но стояла как вкопанная. Начался самый трудный этап — надо было «научить» машину ходить. А она не подавала никаких надежд. Вибрировала, не двигаясь, а когда прибавляли обороты, просто переворачивалась.

Над неудачливыми экспериментаторами начали посмеиваться, предлагали заняться чем-нибудь понадежнее.

Но Гундар уже не мог отступить: надо было все-таки добиться с ребятами цели. Они составили график, в котором отмечали проверенные варианты, чтобы не повторяться.

Первой обнаруженной ошибкой было место двигателя. Его поставили сзади, и он нарушал устойчивость модели. Тогда МУ-30 переместили в середину, сместив несколько относительно центральной оси. Раму пришлось переделать.

В эти же дни группа пришла к главному для себя открытию — синхронизации мостов. «Ноги» должны были касаться земли одновременно. Долго ковырялись, пока поняли, что для этого кривошипы необходимо расположить строго в одной плоскости. Сто раз отмерив, пришли к итогу — коленчатый вал должен совершать один оборот в минуту.

Литературы у них никакой не было, поэтому до всего приходилось доходить собственными головами и руками.

Например, никто не предполагал, что сопротивление подошвы к земле «ноги» будет так велико, что понадобятся металлические упоры; без них вал прогибался, и шестерни выходили из зацепления.

Гундару не приходилось вызывать ребят в лабораторию. Они загорелись и готовы были оставаться там сколько угодно, только бы зашагала их модель.

И она действительно пошла, не быстро и не сразу уверенно, но сделала первые шаги. А потом уже было легче. В результате по наклонной горке в 40° их детище взбиралось вполне уверенно. И хоть модель была не очень красива, ее показывали по телевидению.

Когда же пришла на шагающую машину заявка с ВДНХ, решено было сделать новую, целиком металлическую, по усовершенствованным чертежам. Выполнил ее меньше чем за полгода Рудольф Якобсон почти самостоятельно. Либерте помогал только советом.

«Каждый из моих ребят может повторить эту конструкцию совершенно сознательно — они ведь изучили, как ведет себя в ней каждый винтик», — говорит Гундар в конце нашей беседы. — Если мы сделаем третью модель, она будет ходить еще лучше».

Т. МЕРЕНКОВА,
наш спец. корр.
г. Рига

По схеме Чебышева

Принцип работы модели шагающей машины основан на кинематике четырехзвенного механизма П. Л. Чебышева.

Ведущим звеном в механизме (см. цветную вкладку) является звено ОА, вращающееся вокруг точки О. С звеном ОА связан стержень АС, в средней части которого прикреплен стержень ДВ. Один конец последнего вращается вокруг точки Д.

Посмотрим, как работает одна «нога» модели, то есть стержень АС.

Стержень ОА равномерно вращается вокруг точки О, при этом точка С движется по траектории 1'—2'—3'—4'—5'—6'—7'—8'.

В точке К «нога» опускается к земле. В этот момент корпус модели приподнимается немножко вверх и переносится вперед до тех пор, когда точка С займет положение 1. Это

происходит точно так же, как человек делает шаг: выставляет ногу, опирается на нее и переносит тело вперед.

Но для того чтобы модель была устойчива, необходимы три точки опоры, расположенные треугольником. Поэтому у модели 6 «ног» (рис. 1). Три опираются о землю и переносит корпус модели вперед, а остальные в это время перемещаются вперед, чтобы заменить «ноги», которые встали в крайнее заднее положение. За один оборот стержня ОА — кривошипа, модель передвигается вперед на расстояние KL, которое зависит от длины «ноги».

Скорость передвижения модели зависит от скорости вращения кривошипа. Кривошипы одного моста сдвинуты в противоположные стороны, то есть на 180°. Поэтому одна «нога» идет вперед, а вторая — в то же время назад. Кривошипы среднего моста ставятся в противоположную сторону, чем кривошипы первого и третьего моста. Такое положение мостов должно сохраняться при движении: это обеспечивает приводной вал, который синхронизирует работу мостов.

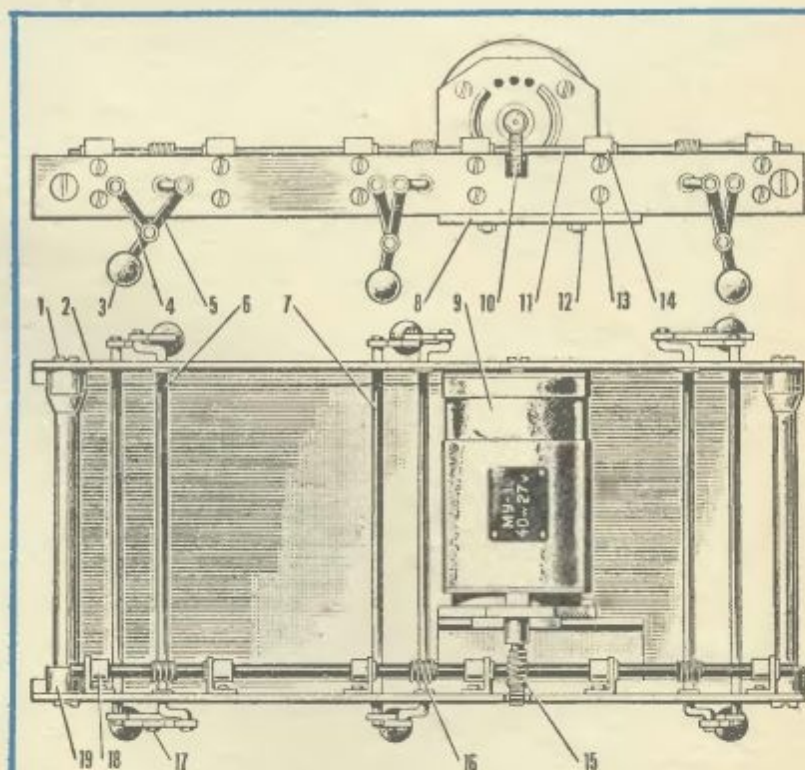


Рис. 1. Шасси модели шагающей машины:

1 — крепежный винт, 2 — рама, 3 — резинковая пробка, 4 — пластина, 5 — «нога», 6 — коленчатый вал, 7 — ось, 8 — угольник, 9 — электродвигатель, 10 — шестерня, 11 — ведущий вал, 12 — винт, 13 — винт крепления, 14 — стойка, 15—16 — червячные передачи, 17 — зацепка крепления «ноги» с пластиной, 18 — втулка, 19 — распорка.

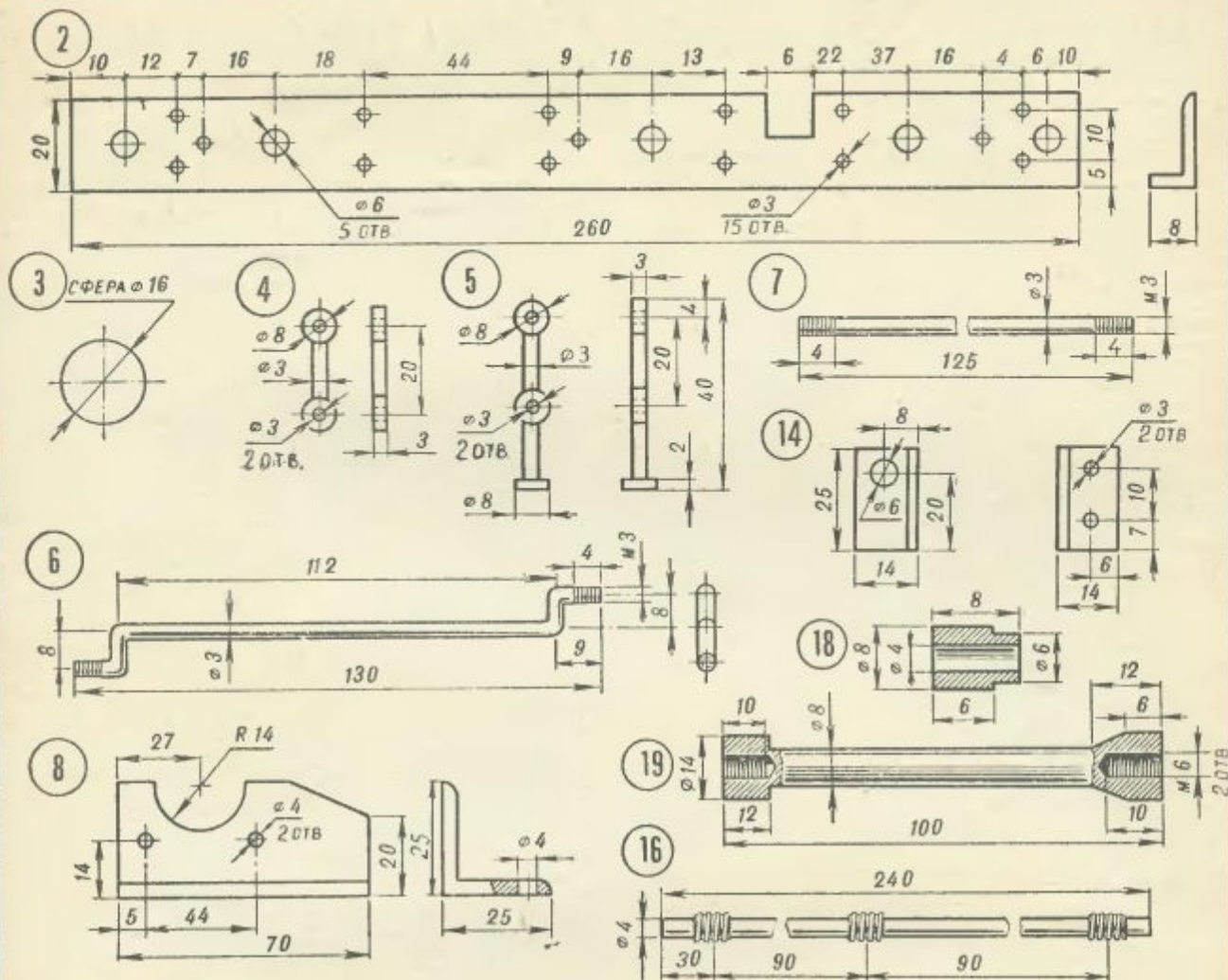


Рис. 2. Детали шасси.



Все детали модели собраны на раме 2, изготовленной из дюралюминиевого угольника размером $25 \times 25 \times 2,5$ мм (рис. 2). Для фиксации обеих боковых частей рамы их скрепляют между собой алюминиевыми распорками 19.

В раме установлены 3 моста, которые состоят из коленчатого вала 6, оси 7, «ноги» 5 и пластины 4. Коленчатый вал согнут из металлического прутка $\varnothing 3$ мм и вращается в отверстиях боковых частей рамы. По концам коленчатого вала делается резьба М3 мм, чтобы можно было с помощью гайки закрепить «ногу». До того как стибить коленчатый вал, на него надевается червячное колесо. Припаи-

вают его после того, как модель собрана и отрегулировано зацепление.

Ось 7 изготавливается из стержня $\varnothing 3$ мм, а по концам нарезают резьбу М3 мм. Пластина 4 должна свободно вращаться на конце оси. С «ногой» пластина соединяется заклепкой так, чтобы «нога» могла свободно поворачиваться. «Нога» вытачивается из дюралюминия. На конце ее приклеивается пористая резина $\varnothing 10$ мм, которая улучшает сцепление с дорогой. Все мосты приводятся в действие от одной оси с тремя червячками.

На валу перед окончательным монтажом припаивается шестерня 10.

Передаточное отношение подобрано такое, чтобы оно обеспечивало скорость вращения коленчатого вала $60 \div 100$ об/мин.

Электродвигатель крепится к раме с помощью угольника 8, изготовленного из уголка $25 \times 25 \times 3$, и болтами М4 12.

В качестве червячной передачи использованы передачи из немецких железнодорожных игрушек (можно использовать также механизм для натяжения струн от струнных инструментов, у которых червячная передача имеет отношение с 1:16 до 1:20).

Ось, на которой смонтированы три червяка, изготавливают из стали 3.

Г. ЛИБЕРТС
г. Рига

ДОЛЫ КОЛЕСО!



1

2



3



4

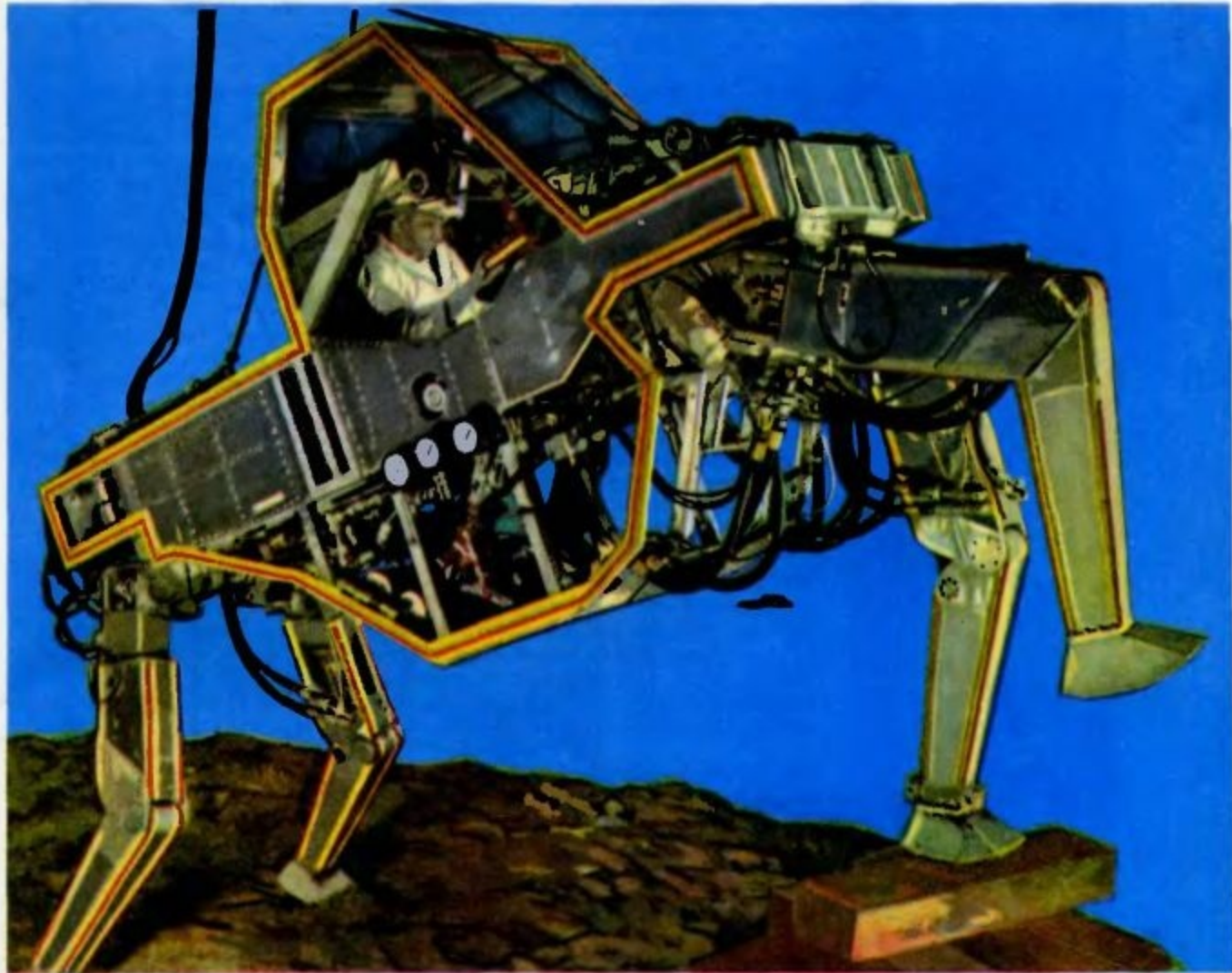


5



Эти шагающие, ползающие, прыгающие механизмы созданы юными техниками КЮТ Сибирского отделения Академии наук СССР.

1. ЗИЕРОХОД.
2. ШЕСТИНОЖКА-ШАГОХОД.
3. «КОТ».
4. «КУЗНЕЧИК».
5. ШИВЕХОД.



На этом снимке вы видите экспериментальную машину на четырех «ногах», уже созданную учеными. Ее высота около 3 м, а грузоподъемность — 3,5 тыс. кг. А ниже предлагаем вам построить...

Г. ЛИБЕРТ

МОДЕЛЬ ШАГАЮЩЕЙ МАШИНЫ

Уже много лет ученых и конструкторов разных стран интересует проблема шагающих машин и механизмов. Но... Как технически осуществить принцип движения, заимствованный у природы? И не рано ли прощаться с колесом, долго и хорошо служившим человеку?

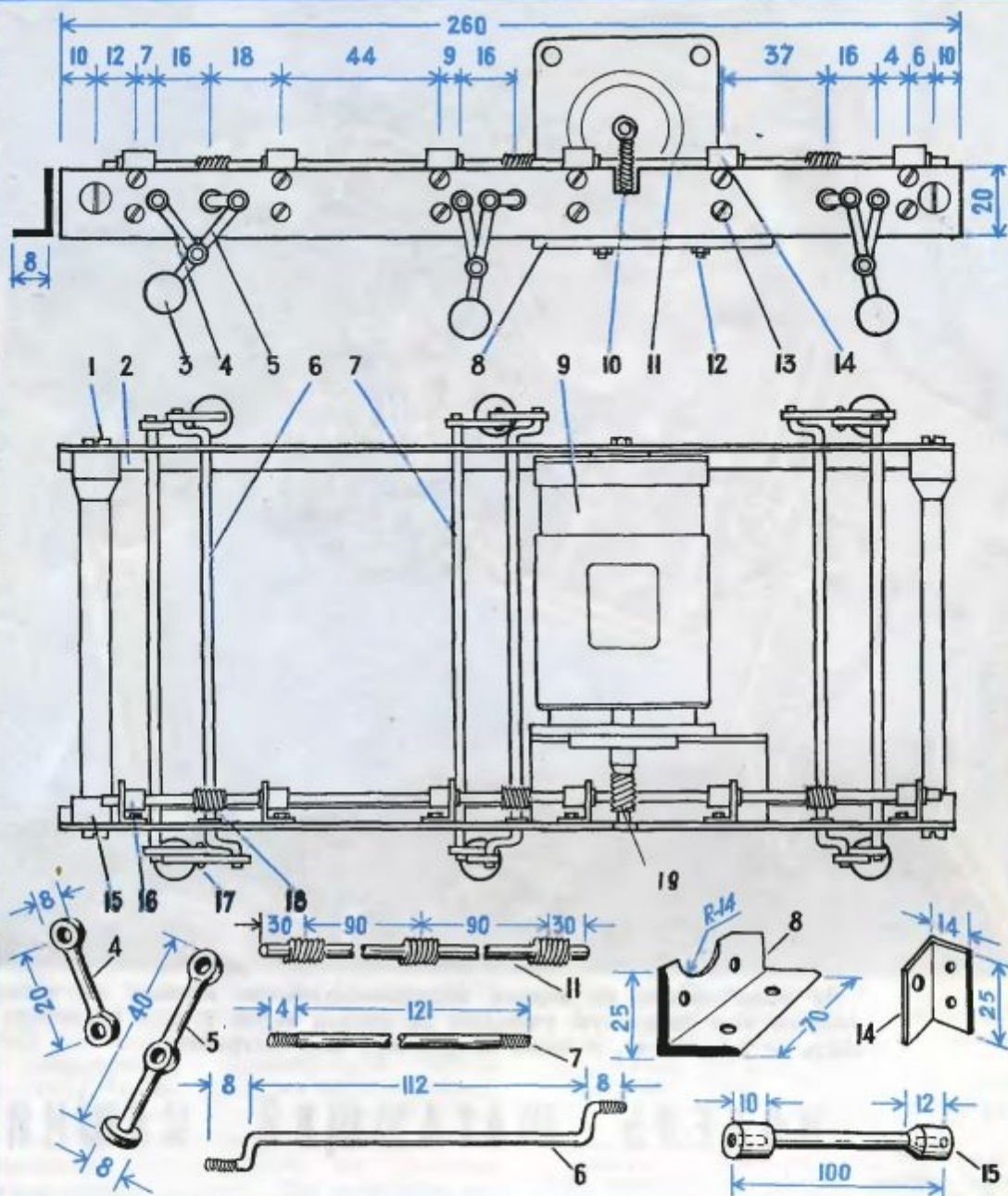
Оказывается, нет. Колеса остаются колесами. Они незаменимы при больших скоростях на шоссейных и хороших проселочных дорогах. Но в труднопроходимых местах — по сыпучим пескам пустынь и глубоким снежным полям — колеса бессильны. Вот здесь-то на помощь человеку и могут прийти шагающие машины. Да и не только здесь, на земле. Представьте себе, что могучая ракета отправляет на другую планету передвижную автоматическую лабораторию. Там не обойтись без вездеходной машины, которая сможет

обследовать большие районы неизвестной планеты и передавать исчерпывающую информацию.

Взгляните на 1-й рисунок. Из него понятно, как через препятствие передвигается колесо и шагающий механизм. У шагающего механизма колебание центра тяжести намного меньше, чем у колеса. Это улучшает плавность и устойчивость такого механизма.

Выше уже говорилось, что многих конструкторов интересовали шагающие механизмы. Так, например, чехословацкий инженер Мацкерле разработал очень интересное шагающее колесо, которое дает возможность развивать большую скорость.

А на рисунке 2 изображены некоторые механизмы таких машин с применением гидравлики. Известный русский математик П. Л. Чебышев создал механизм,



Общий вид и детали модели, сконструированной на Рижской СЮТ.

который можно применять для шагающих машин. Идея Чебышева использована и в нашей модели (рис. 3). Остановимся на ней. Это очень важно для правильной регулировки готовой конструкции.

Кривошип механизма (см. рис. 3, звено ОА) равномерно вращается вокруг точки О. С кривошипом через шарнир связана «нога» (звено АС), в средней части которой на шарнире присоединена пластина (звено ЕВ). Второй конец этой пластины может вращаться вокруг точки Е. При вращении кривошипа «нога» перемещается по траектории (показана пунктирной линией) и делает шагающее движение. В точке К «нога» касается

земли и, приподнимая корпус модели, переносит его вперед на расстояние КМ; «нога» отрывается от земли и перемещается по верхней части траектории.

Для того чтобы модель сохраняла устойчивость, она должна иметь всегда как минимум три точки опоры. Для этого в нашей модели применены три моста, каждый с двумя «ногами» (рис. 4). Когда три «ноги» опираются на землю, они переносят модель вперед, а остальные «ноги» в это время перемещаются по верхней части траектории.

Кривошипы каждого моста смещены на 180° . Поэтому при движении одной «ноги» вперед вторая идет назад.

Привод ко всем мостам осуществляется ведущей осью 11 через червячную передачу 18. А общая ось имеет привод от электродвигателя, также с червячной передачей. Общее передаточное отношение должно рассчитываться так, чтобы коленчатый вал 6 вращался со скоростью $60 \div 100$ об/мин.

Ведущая ось с червячными передачами вращается в бронзовых втулках 16, которые запрессованы в стойках 14. Стойки крепятся винтами к раме 2. В раме проходит ось 7, на концах которой крепятся пластины 4. Рама по концам скреплена распорками 15.

Размеры шагающего механизма следующие (рис. 3):

ОА — 8 мм, ЕВ = АВ = ВС — 20 мм, ЕО — 16 мм.

«Нога» 5 крепится на конце коленчатого вала.

Рама модели изготавливается из алюминиевого угольника, размером 25×25 мм, распорки также алюминиевые. Коленчатый вал выгнут из прутка $\varnothing 3$ мм. Прежде чем сгибать кривошипы, наденьте на коленчатый вал червячное колесо 20. Припаивать его будете после того, как соберете модель и отрегулируете расположение кривошипов. При регулировке модели поверните все кривошипы горизонтально. Кривошипы первого и третьего моста одной стороны должны быть обращены в одну сторону, а кривошип среднего моста той же стороны — в противоположную. Только при таком положении на дорогу всегда будут опираться три «ноги», расположенные треугольником.

«Нога» 5 и пластина 4 крепятся к коленчатому валу и оси 11, по концам которых нарезана резьба М3. Для улучшения плавности хода на концах «ног» приклеивается пробка из губчатой резины 3.

Модель приводится в движение электродвигателем МУ-30 (9). Электродвигатель крепится к раме угольником 8 и четырьмя винтами 12. Ведущий червяк 19 насажен на валу электродвигателя, ведомая шестерня 10 крепится на ведущей оси 11. Ведущий вал изготавливается с тремя червяками 18. Червячную передачу для модели можно использовать от механизма для натяжения струн музыкальных инструментов.

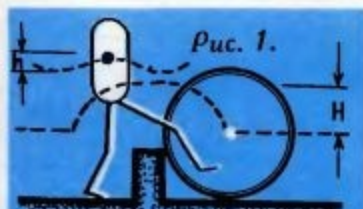


Рис. 1.

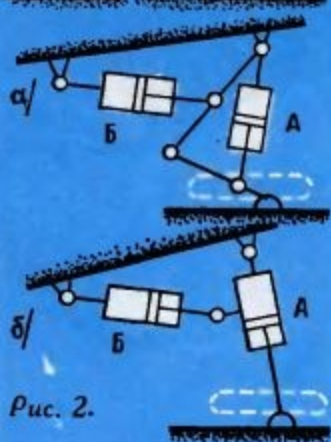


Рис. 2.

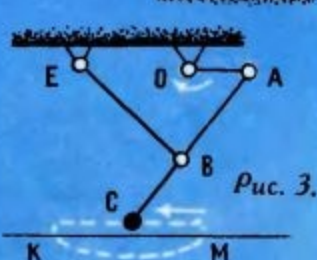


Рис. 3.

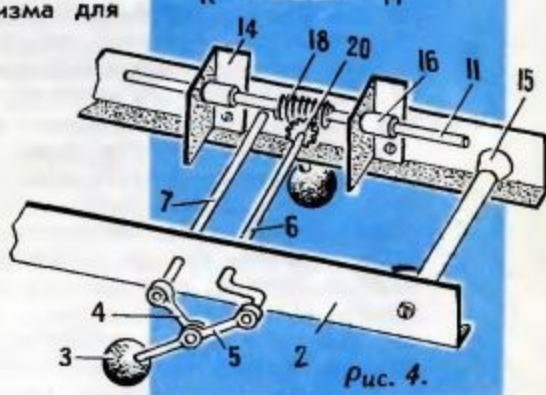


Рис. 4.

Рис. 1. Вот так по-разному преодолевают препятствия колесо и шагающий механизм.

Рис. 2. Здесь дана принципиальная схема шагающих механизмов с применением гидравлики.

Поршень А помогает «ноге» передвигаться вверх и вниз, а поршень Б — вперед-назад. Благодаря этому «нога» делает шагающее движение, передвигаясь по траектории, отмеченной пунктиром.

Рис. 3. Шагающий механизм.

Рис. 4. Конструкция одного моста.

