

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

Санкт-Петербургский государственный  
политехнический университет Петра Великого

Институт металлургии,  
машиностроения и транспорта  
Кафедра «Автоматы»

РЕФЕРАТ

Дисциплина: История и философия науки

Тема: История научных исследований в области мобильных колесных  
роботов

Выполнил аспирант

кафедры «Автоматы»

Института Металлургии, Машиностроения и Транспорта

Козлович А.В.

Научный руководитель

д.т.н., проф.,

Волков А.Н.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

Санкт – Петербург

2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ПРЕДШЕСТВУЮЩИЕ ОТКРЫТИЯ .....	4
Колесо.....	4
Двигатель .....	5
Мобильные источники энергии.....	7
Электронно-вычислительные машины.....	8
ПЕРВЫЕ МОБИЛЬНЫЕ РОБОТЫ.....	11
Колесный робот Леонардо да Винчи .....	11
«Черепашки» Уолтера .....	12
Робот Шэйки.....	14
Планетоходы.....	16
ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ В НАШЕ ВРЕМЯ .....	20
Мобильные роботы в промышленности.....	20
Мобильные роботы в сфере обслуживания.....	22
Беспилотные автомобили.....	24
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	29
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	30

## ВВЕДЕНИЕ

Если оглянуться назад и посмотреть в прошлое, то легко заметить, что человек всегда стремился облегчить свою жизнь, переложив тяжелый или опасный труд на других. В древности для этих целей использовались рабы. А сейчас, благодаря высокому уровню развития науки и техники, во многих опасных, тяжелых, монотонных задачах человека заменяют роботом. Стоит отметить, что в настоящее время создаваемые роботы чаще всего предназначены для выполнения какой-то определенной задачи или определенного круга схожих задач, т.е. о какой-то универсальности (в широком смысле этого слова) к сожалению речи не идет.

Но даже несмотря на все разнообразие созданных человечеством роботов, практически у всех них можно выделить некоторые общие структурные элементы [7]: система перемещения и манипуляционная система (являются частями т.н. исполнительной системы), сенсорная система и система управления.

Следует понимать, что указанные выше системы не обязательно должны быть у каждого робота. Следствием этого являются критерии классификации роботов, в основе которых лежит наличие или отсутствие той или иной системы.

В рамках данной работы мы будем рассматривать т.н. мобильных роботов, т.е. тех роботов, в состав которых входит система перемещения. Но даже в рамках этого класса существует множество разновидностей роботов (например, подводные, наземные, летающие, подземные и т.д.; шагающие, колесные, гусеничные и т.д.). Наиболее распространенным представителем этого класса роботов является колесный мобильный робот, предназначенный для перемещения по горизонтальным поверхностям. Казалось бы, данная разновидность роботов не нова, а идея, лежащая в ее основе, очень проста. Но до сих пор конструктивные схемы исполнения колесных роботов активно развиваются, совершенствуются и внедряются.

## ПРЕДШЕСТВУЮЩИЕ ОТКРЫТИЯ

Очевидно, что для разработки мобильного робота на колесной базе необходимо иметь некоторую базу – определенный набор элементов, который является основой для нового робота. Рассмотрим историю открытия наиболее важных из таких компонентов.

### Колесо

Наиболее ранние колеса, которые удалось найти археологам, датируют пятым тысячелетием до н.э. Эти колеса были найдены на Балканах [5] и для их изготовления была использована глина. Вполне возможно, что это не самые первые колеса, которые были изготовлены человечеством, однако ученым не удалось со 100% уверенностью подтвердить, что иные находки, датируемые более ранними историческими периодами, являются именно ими.

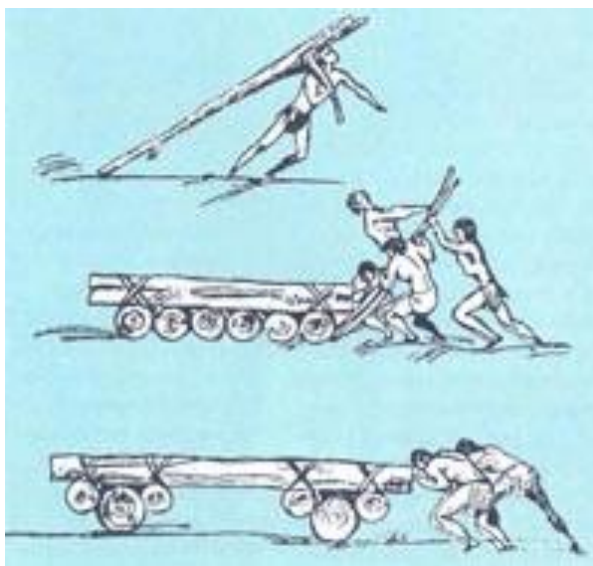


Рисунок 1 – Способы перевозки грузов в древности

Как же наши предки пришли к концепции колеса? Вероятнее всего его открытию предшествовала следующая цепочка наблюдений и размышлений. В древние эпохи для строительства человеком использовалось дерево. И в какой-то момент люди обратили внимание, что ствол поваленного дерева не обязательно тащить волоком – его можно катить (предварительно избавив его от ветвей). Правда сил человека хватало лишь для относительно небольших стволов.

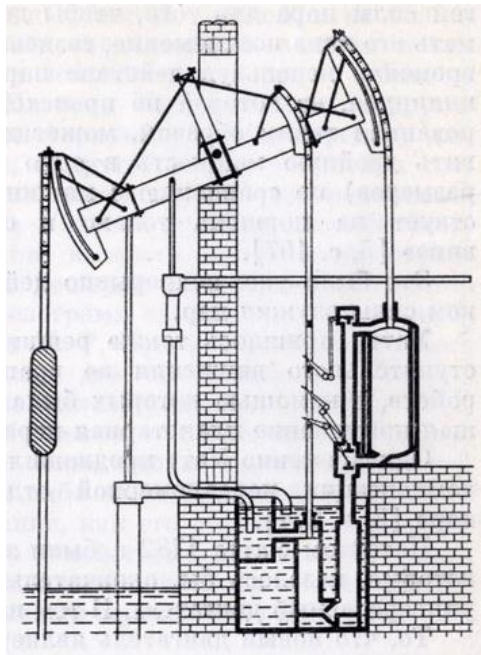
Следующим шагом на пути к изобретению колеса стало применение рычага. Его подкладывали под ствол дерева и, нажимая на нее, перекачивали ствол на нужное место. Таким способом можно было перемещать весьма тяжелые грузы (на Руси так перемещали корабли при прохождении порогов на реках).

Правда у такого способа перемещения был весьма серьезный недостаток: при движении бревна выкатывались сзади и их постоянно приходилось переносить вперед, вновь подкладывая под груз. Но в какой-то момент люди догадались зафиксировать подкладываемые бревна таким образом, чтобы они перемещались вместе с грузом (рис. 1). Фактически, был изобретен каток. В дальнейшем от него остались лишь небольшие валики по краям груза, которые и стали прообразом современных колес.

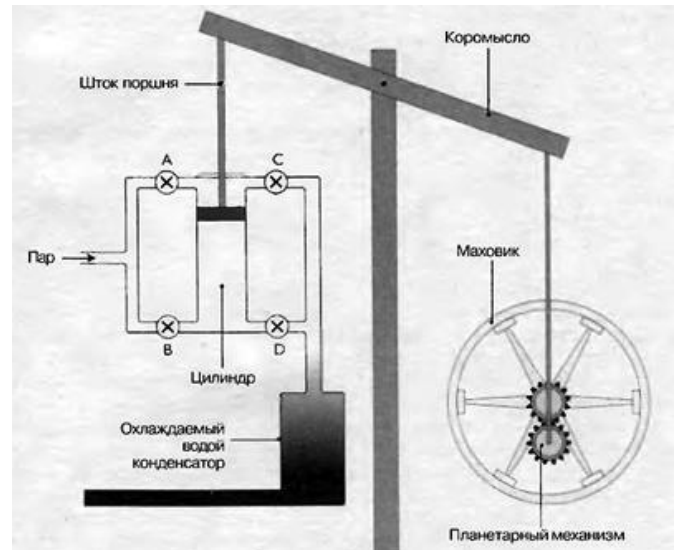
### **Двигатель**

Еще одним изобретением, без которого невозможно представить современного мобильного робота, является двигатель. Изобретение первого двигателя непрерывного вращения приписывают Джеймсу Уатту (1782 год) [2]. В историю он вошел под названием машины Уатта двойного действия (рис. 2, б). При его разработке Уатт опирался на машину Ньюкомена (рис. 2, а), а в качестве рабочего тела (т.е. источника энергии) использовал пар.

Интересный факт: несмотря на то, что с момента изобретения машины Уатта прошло уже более 200 лет, некоторые ее компоненты – шатунно-поршневая группа – до сих пор активно используются (в том или ином виде) в современных двигателях внутреннего сгорания.



а



б

Рисунок 2 – Паровой двигатель Ньюкомена и машина Уатта двойного действия

В 1807 году изобретатель Франсуа Исаак де Ривас создал первый двигатель внутреннего сгорания. Его разработка не была пригодна для практического применения, однако именно она стала отправной точкой для дальнейших разработок в данной области.

Если же говорить о двигателе внутреннего сгорания, который можно было использовать на практике, то первую модель изобрел Этьен Ленуар в 1860 году. Это был двухтактный двигатель с одним цилиндром, в котором в качестве рабочего тела использовался газ. А в 1880-х годах был изобретен первый карбюраторный двигатель, работавший на бензине. Его автором является Огнеслав Степанович Костович.

Но подобный тип двигателей практически не применяется в промышленности в целом и в робототехнике в частности. Вместо него обычно используется электромагнитный двигатель. Активные исследования в электростатике и электродинамике велись уже в 1820 году, однако на тот момент ученые еще не обнаружили, что магнетизм и электричество связаны между собой. Одним из ученых, занимавшихся этой проблемой, был Майкл

Фарадей и ему приписывают авторство первого электромагнитного двигателя [4].

В основе изобретения Фарадея лежал опыт другого ученого – Ханса Кристиана Эрстеда. Он обнаружил, что электрический ток способен влиять на магнитную стрелку, отклоняя ее. Проанализировав результаты своего коллеги и проделав ряд собственных опытов, Фарадей опубликовал работу под названием «О некоторых новых электромагнитных движениях и о теории магнетизма» (1821 год). Именно в ней, помимо всего прочего, он описал первый электромагнитный двигатель.

Еще один ученый, которого нельзя не упомянуть, когда речь идет о электродвигателях – Якоби. Пока его современники пытались изобрести возвратно-поступательный электродвигатель (по аналогии с паровым двигателем), он выдвинул идею, что электродвигатель с вращающимся выходным валом является более универсальным, а машины, в которых он будет использоваться, будут иметь более простую конструкцию, чем те, в основе которых лежит возвратно-поступательный двигатель.

### **Мобильные источники энергии**

Говоря о мобильных роботах нельзя не упомянуть и о мобильных источниках энергии – электрических аккумуляторах. Впервые источник тока, в основе которого лежат химические свойства входящих в его состав материалов, был изобретен в 1800 году Алессандро Вольтом.

Последующие опыты позволили найти наиболее эффективные комбинации элементов, которые в процессе своего взаимодействия выделяют наибольшее количество энергии, а также позволяют осуществлять повторную зарядку.

Несмотря на то, что в настоящее время исследования в области энергетики и мобильных источников энергии еще далеки от завершения, существующие модели электрических аккумуляторов позволяют создавать

мобильные роботы, которые успешно выполняют поставленные перед ними задачи.

### **Электронно-вычислительные машины**

Вычислительные машины, в основе которых лежит механика, известны человечеству уже давно. Еще в Древнем Вавилоне (3000 год до н.э.) люди использовали для вычислений специальные счеты – «Абак». Различные модификации этого устройства также находили на территории Китая, Римской Империи, Греции.

Подобные разработки интересовали и Леонардо да Винчи – в его трудах можно найти эскиз суммирующего устройства, в основе которого лежат десятизубцовые кольца. Правда впервые его разработку воплотили в «металле» лишь в наше время.

В дальнейшем для вычислений люди использовали различные механические устройства, начиная со счет и логарифмической линейки и заканчивая арифмометром.

Если же говорить об электронных устройствах, предназначенных для выполнения арифметических операций, то нельзя не упомянуть о табулирующей системе Германа Холлерита (1884-1887 гг.). Данная система была разработана для выполнения определенной задачи – выполнения переписи населения США, которая проходила в 1890 и 1900 годах. Табулятор был программируемым устройством – для записи программы оператору было необходимо соединять определенные элементы с помощью проводов на коммутационной панели. А для ввода исходных данных (по сути являвшихся анкетами, заполняемыми при переписи) использовались перфокарты.

Первое устройство, которое можно считать настоящим ЭВМ, появилось в 1941-ом году. Оно получило название Z3, а его автором являлся немец Конрад Цузе [8]. Главными отличительными чертами его разработки являлись возможность свободного программирования устройства (для этого использовался двоичный код с плавающей точкой), а также поддержка



основных математических операций (сложение, умножение, вычитание, деление и извлечение квадратного корня). Что касается конструкции Z3, то в основе его лежали телефонные реле, на которых была построена память и вычислитель. Для хранения программ применялась пленка с перфорацией.

Главное преимущество Z3 заключалось в используемой в нем двоичной системы счисления, т.к. для конечных пользователей она была весьма удобна и проста в понимании. Позднее в других странах были созданы аналогичные компьютеры (например, «Колосс», однако они были больше немецкой разработки и имели более высокую стоимость.

Следующий этап в эволюции ЭВМ ознаменовался созданием транзистора (1947 год). Спустя десять лет – в 1957 году – американцы из NCR представили свою версию ЭВМ, построенную на их базе. Благодаря транзисторам удалось понизить энергопотребление конечного устройства и уменьшить его габариты. Кроме того, возросла надежность ЭВМ.

Еще одна важная веха в истории ЭВМ – изобретение интегральных схем. Сама идея о размещении на одном монолитном кристалле множества электронных компонентов была озвучена в 1952 году Джеффри Даммером. К сожалению, на тот момент не существовали необходимые технологии, которые позволили бы реализовать его идеи на практике [3]. Но уже спустя семь лет эти проблемы удалось решить. Во-первых, была открыта металлизация алюминием (Роберт Нойс) – с ее помощью осуществлялось соединение элементов (электрическое) на интегральной схеме. Во-вторых, была разработана технология, позволяющая электрически изолировать различные компоненты, размещаемые на одном полупроводнике (точнее на его кристалле). Автор этой технологии Курт Леговиц. И, наконец, в-третьих, был разработан и запатентован собственно принцип интеграции (Джек Килби). Все эти разработки позволили перейти на использование интегральных схем в ЭВМ, благодаря чему не только в очередной раз удалось снизить габариты конечного изделия, но и повысить его надежность.

До появления привычных нам персональных ЭВМ остался всего один шаг и его сделал Тэд Хофф, сотрудник Intel. В 1969 году он выдвинул идею о выделении ряда элементов компьютера в один физический блок – центральный процессор. Тэд предложил выполнять базовые действия – логические, управляющие и арифметические – на одной общей микросхеме. Это позволило бы заметно упростить разработку и создание новых ЭВМ, а также в очередной раз значительно уменьшило бы их габариты. Впервые такое решение было реализовано в микропроцессоре Intel 4004.

Примерно в это же время появился отдельный класс устройств, который в дальнейшем нашел широкое применение в промышленности в целом и в робототехнике в частности. Речь идет о микроконтроллерах – устройствах, кристалл которых содержит в себе не только элементы процессора, а всего «компьютера» в целом. При этом вычислительные возможности такого решения заметно ниже, чем у полноценной ЭВМ, однако их более чем достаточно для управления оборудованием и иными электронными устройствами.

## ПЕРВЫЕ МОБИЛЬНЫЕ РОБОТЫ

### Колесный робот Леонардо да Винчи

Наверное каждый слышал о гениальном художнике, ученом и изобретателе, Леонардо да Винчи. За свою жизнь он изобрел массу устройств и механизмов, а некоторые их до сих пор в том или ином виде используются человечеством. Одну из его разработок можно классифицировать как первого колесного мобильного робота (рис. 3).

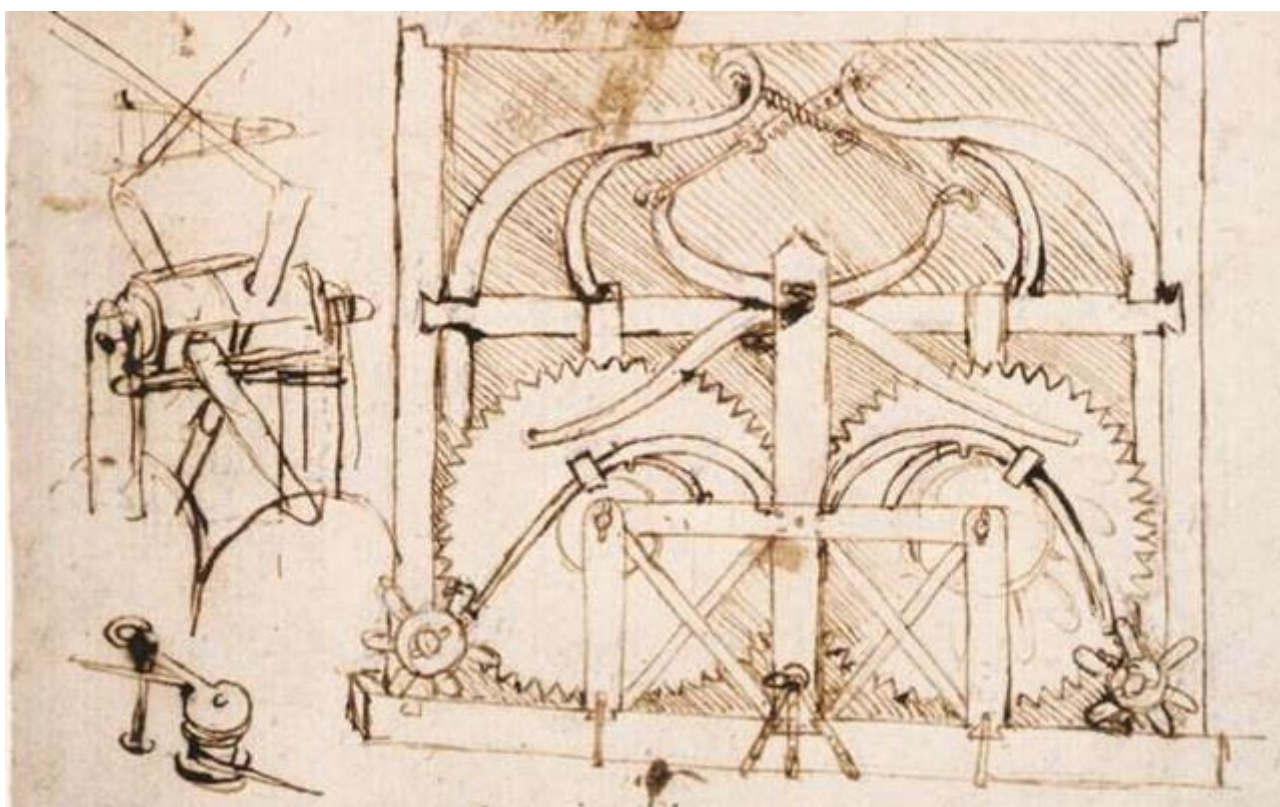


Рисунок 3 – Эскиз робота да Винчи

К сожалению, ученым так и не удалось понять, какую цель преследовал да Винчи, придумывая данное устройство. Ряд специалистов склонялся к мысли, что данное изобретение является прообразом автомобиля, однако более детальный анализ эскизов и последующее создание макета на их основе (рис. 4) показало, что в нем не предусмотрено место для водителя.



Рисунок 4 – Макет робота Леонардо да Винчи

Фактически изобретение Леонардо да Винчи представляется собой колесную тележку, которая способна поворачивать в определенный момент в соответствии с заданным предварительно алгоритмом. Этот алгоритм задавался с помощью блоков и зубчатых передач. Что касается источника энергии, на котором работает данное устройство, то в записях да Винчи не было каких-то указаний на этот счет. Ученые предположили, что в качестве такого источника могла быть использована заведенная пружина.

Скорее всего данное изобретение не имело какого-либо практического применения и фактически являлось забавной игрушкой. Также стоит отметить тот факт, что руль тележки мог поворачиваться лишь в одну сторону – это также заметно ограничивало возможные области применения устройства.

### **«Черепашки» Уолтера**

С появлением компактных двигателей, аккумуляторов и микроконтроллеров вопрос об основной элементной базе мобильных роботов

отпал сам собой. А если в основу такого робота положить обычной автомобиль, то конструкция окажется еще более простой. Поэтому сейчас уже практически невозможно точно сказать, когда именно был создан первый мобильный робот в том виде, к которому мы сейчас привыкли.

Но говоря о мобильных колесных роботах нельзя не упомянуть о изобретении нейрофизиолога Грея Уолтера. В 1948 году им были созданы специальные мобильные роботы, предназначенные для изучения поведения и рефлексов животных [9]. Уолтер назвал этих роботов Элмер и Элси, но в различной литературе встречается и другое название – «черепашки» (из-за специфичного внешнего вида) (рис. 5).

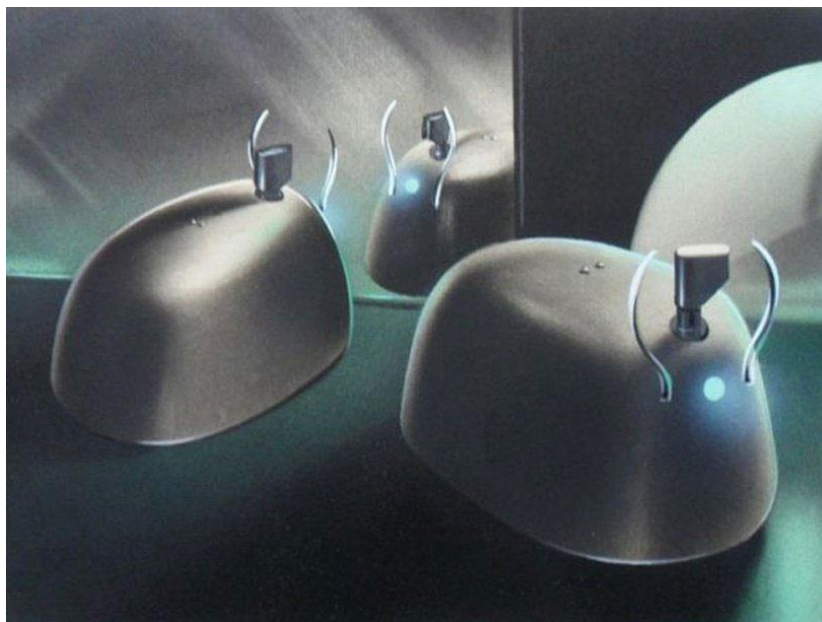


Рисунок 5 – «Черепашки» Уолтера

Что касается функций, которые были заложены Уолтером в его детище, то «черепашки» могли двигаться к источнику света или наоборот, отворачиваться от него, а также избегать препятствий в ходе движения и, при необходимости, подзаряжаться в специальных «кормушках». Эта разработка внесла заметный вклад не только в нейрофизиологию, но и в робототехнику, поскольку это были одни из первых (если не первые) роботов, которые способны были действовать не в соответствии с окружающими условиями, а не в соответствии с заданным алгоритмом.

В состоянии «покоя» «черепашки» свободно перемещались по помещению, имитируя свободный поиск. Если в процессе движения происходило столкновение с препятствием, то робот отъезжал назад и объезжал его. Если же в процессе «поиска» робот замечал источник света, то начинал двигаться в его сторону. На определенном расстоянии от него он останавливался – Уолтер заложил в «черепашек» боязнь ослепнуть. Однако, при разрядке аккумулятора робот начинал «проявлять больший интерес» к источнику света, т.к. он исходил от зарядной станции. И наконец робот заезжал в нее, подзаряжал аккумулятор и возвращался к состоянию «покоя».

Еще одна интересная особенность, о которой следует упомянуть, заключалась в возможности обучения этих роботов. Перед столкновением с препятствием Уолтер подавал определенный звуковой сигнал и спустя некоторое время один из роботов «выработал» рефлекс: он начинал маневр «уклонения» еще до того, как происходило собственно столкновение.

### **Робот Шэйки**

В центре Искусственного Интеллекта (Стэнфордский Исследовательский институт) на протяжении 6 лет (1966-1972 гг.) велись работы по созданию робота Шэйки (рис. 6). Данный робот является первым роботом, который был способен к логическому анализу своих действий. Другими словами, Шэйки был способен самостоятельно решить, в какой последовательности необходимо действовать, чтобы решить поставленную оператором задачу.



Рисунок 6 – Робот Шэйки

Испытания робота проводились в специальном помещении, которое было разделено на несколько комнат, соединенных коридорами. На входе в комнаты стояли двери, также имелись выключатели света. Также в некоторых комнатах были специальные объекты, с которыми Шэйки мог взаимодействовать.

В ходе работы с роботом оператор отдавал различные команды, например «столкнуть блок с платформы». Шэйки преобразовывал эту команду в последовательность более простых: обнаружение платформы и блока – обнаружение пандуса платформы – перемещение к пандусу и заезд на него – сталкивание блока с платформы.

Необходимо понимать, что реализация подобного робота – весьма непростая задача. Необходимо было разработать мощный интерпретатор команд оператора, поскольку они отдавались с помощью обычного текста.

Также была проведена большая работа в области машинного зрения (обнаружение и распознавание объектов в видео-потоке).

### **Планетоходы**

Среди мобильных колесных роботов особняком стоят планетоходы. Они играют важнейшую роль в изучении других планет.

Первым планетоходом является «Луноход-1», который был создан советскими инженерами и 17 ноября 1980 года сделал первые «шаги» по поверхности Луны [6]. Задачи, которые стояли перед ним, заключались в изучении грунта Луны, ее поверхности в целом, а также регистрация рентгеновского и радиоактивного космического излучения. Первый планетоход проработал почти год и вышел из строя 14 сентября 1971 года.

Первоначально разработку планетоходов курировал Сергей Королев. В последующем эта область была передана Георгию Бабакину (КБ им. Лавочкина).

Шасси первых планетоходов (рис. 7, а) напоминало шасси танков и это неудивительно, поскольку конструктора заимствовали отсюда удачные идеи [1]. К слову, в ходе работы рассматривались и иные способы перемещения, но практика показала, что колесный привод наиболее оптимален.

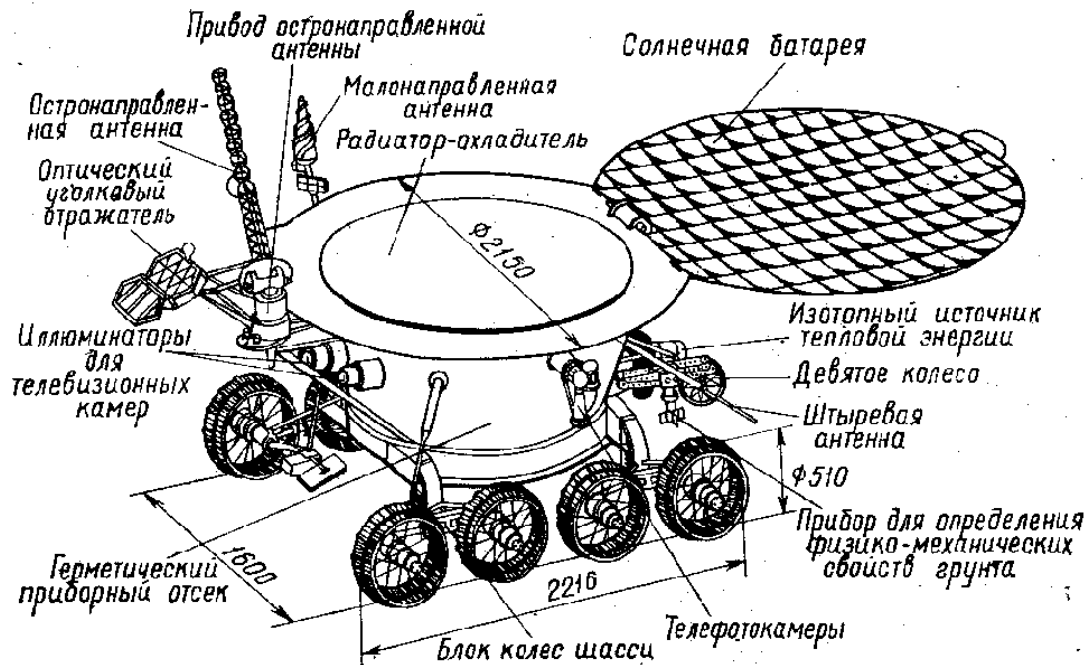
Корпус планетохода имел цилиндрическую форму и напоминал кастрюлю с откидной крышкой. Внутри корпуса располагался приборный отсек, а с обратной (внутренней) стороны крышки размещались солнечные батареи. Когда появлялось солнце, крышка откидывалась и батареи начинали генерировать энергию (рис. 7, б).

Луноход-1 управлялся дистанционно из Центра Управления на Земле. В процессе управления была задействована целая бригада специалистов, каждый из которых выполнял свою задачу:

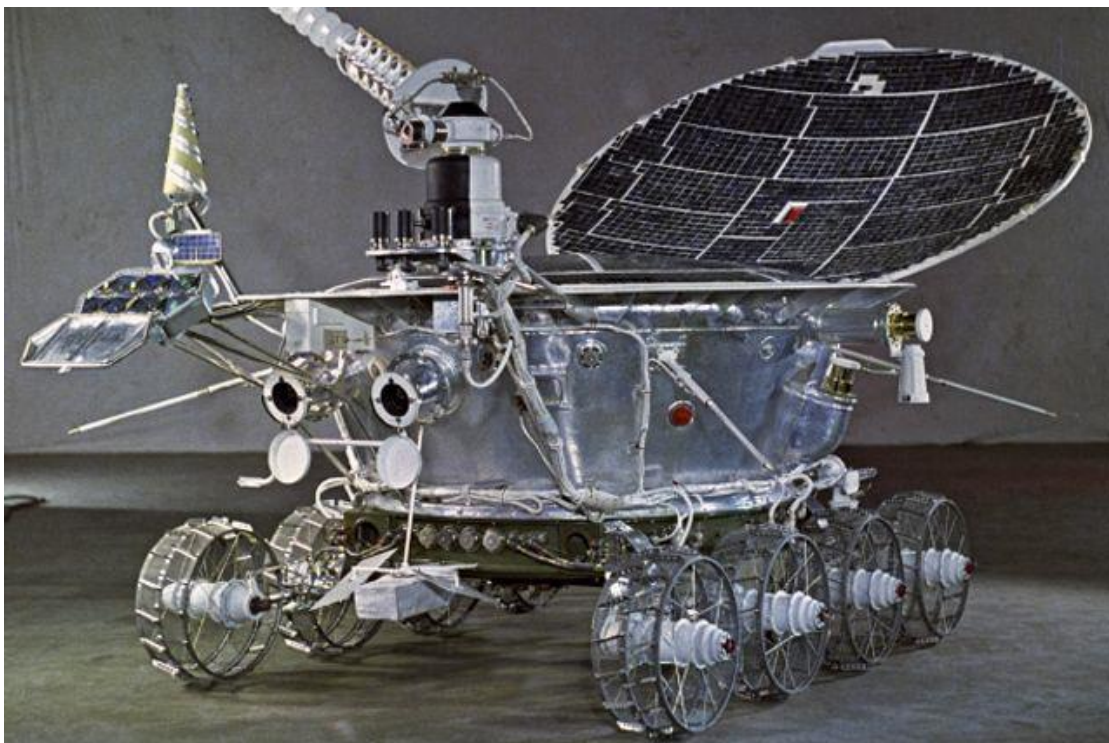
- командир экипажа – принятие решений и глобальное руководство;
- водитель – собственно процесс управления луноходом;
- штурман – навигация;



- бортинженер – отслеживание текущего состояния бортового оборудования;
- оператор систем связи – мониторинг и корректировка ориентации остронаправленной антенны.



а



б

Рисунок 7 – Луноход 1

Если говорить о системе управления «Лунохода-1», то согласно принятой в настоящее время классификации мобильных роботов [7] данный планетоход является простейшим устройством, поскольку все управление осуществлялось исключительно вручную. Правда современные планетоходы в этом отношении не сильно отличаются от своего прародителя – до сих пор все управление ими осуществляется с Земли.

Однако, когда речь заходит о других системах и узлах этого мобильного робота, то нельзя не отметить оригинальные решения, используемые в них.

Как уже отмечалось выше, в основе шасси «Лунохода-1» лежала танковая подвеска (в вариации с продольным качанием рычагов). Благодаря такому решению планетоход был способен преодолевать препятствия, высота которых составляла до 400 мм. Но, в отличие от исходной конструкции, которая использовалась в танках, «Луноход-1» был оснащен более простой трансмиссией, ведь каждое из его колес являлось приводным и было оборудовано собственным приводом (т.е. фактически колеса являлись мотор-колесами), построенным на базе двигателя постоянного тока.

Инженеры предусмотрели ситуацию, когда колесо лунохода может заклинить – в этом случае происходил подрыв специального пиропатрона, в результате чего разрушалось соединение трансмиссии и «проблемного» колеса. Таким образом, колесо из ведущего превращалось в ведомое и планетоход мог продолжать движение. Инженерами был заложен «запас мобильности», позволявший таким образом «подорвать» до 5 колес без потери ходовых качеств.

Говоря об особенностях конструкции «Лунохода-1» нельзя не упомянуть о его колесах. В их основе лежали три обруча, выполненные из титана, которые были соединены с помощью сетки. На поверхности сетки располагались специальные грунтозацепы (рис. 8). Разработчики конструкции колеса предполагали, что в процессе перемещения по твердой поверхности основную роль будут играть обручи, а при перемещении по сыпучему грунту – сетка. Грунтозацепы же при необходимости должны выгребать сыпучий

грунт. Но, как показала практика, чаще всего планетоходу в движении помогали именно грунтозацепы.



Рисунок 8 – Колесо лунохода

## ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ В НАШЕ ВРЕМЯ

### Мобильные роботы в промышленности

В наше время наибольшее применение мобильные роботы нашли в промышленности. Все чаще предприятия отказываются от традиционных конвейеров в пользу роботов. И этот выбор вполне понятен, ведь в случае модернизации технологической цепочки или даже ее полного изменения нет необходимости перепроектировать имеющийся цех – достаточно обновить программу используемых роботов.

Говоря о мобильных роботах в промышленности нельзя не упомянуть компании Amazon и LAPP. Несмотря на схожее назначение – транспортировку грузов – облик используемых этими компаниями роботов довольно сильно отличается.

Мобильный робот, используемый на складах компании Amazon, внешне напоминает уже привычный нам робот-пылесос (рис. 9) [14]. Устройство заезжает под специально спроектированный стеллаж, приподнимает его и перемещает в нужное место. При этом в процессе движения робота, при его повороте стеллаж не вращается.



Рисунок 9 – Складской робот компании Amazon

Интересна система навигации, используемая в данных роботах. Склад, в котором они находятся, «поделен» на «клетки», по которым перемещаются роботы и в которых располагаются стеллажи. В центре каждой «клетки» есть специальная метка, которая дает возможность роботу однозначно определить свое местоположение. Такая система позволяет снизить стоимость роботов за счет уменьшения числа используемых датчиков (да и сами датчики в данном случае более простые и дешевые).

Несмотря на то, что робот компании LAPP (рис. 10) [13] также предназначен для транспортировки, его конструкция очень сильно отличается от робота Amazon. В первую очередь это связано с особенностями перемещаемого груза – катушек кабелей.



Рисунок 10 – Транспортный робот LAPP Kabel

Шасси робота построено на базе четырех приводных колес, причем каждое из них может поворачиваться вокруг вертикальной оси. Благодаря этому робот имеет очень высокую степень маневренности и способен двигаться в любую сторону, не поворачивая корпус.

Навигационная система робота LAPP состоит из двух компонентов. Основная ее часть построена на базе LIDAR – кругового лазерного дальномера. А в основе вспомогательной навигационной системы лежит технология инерциальной навигации.

## Мобильные роботы в сфере обслуживания

Говоря об использовании мобильных роботов в сфере обслуживания нельзя не сказать о роботах-пылесосах. Данный класс роботов очень прост с точки зрения конструктива. Первое подобное устройство было представлено еще в 2002 году компанией iRobot [11] – оно получило название Roomba (рис. 11).

Внешне робот Roomba представляет собой диск высотой 10 см и диаметром 35 см. «Передняя» зона робота оборудована инфракрасным датчиком, который отслеживает положение стен, а также датчиком столкновений. Для уборки используется специальная вращающаяся щетка, которая «закидывает» мусор в специальный контейнер. Функция всасывания, реализованная в некоторых моделях, является дополнительной и не активна все время.



Рисунок 11 – Робот-пылесос iRobot Roomba

В качестве источника питания в Roomba используются встроенные аккумуляторы. В первых моделях для их подзарядки пользователю было необходимо самостоятельно подключать робота к электрической сети. Но в

последующих модификациях роботы-пылесосы научились самостоятельно искать зарядные станции, ориентируясь на данные, получаемые с помощью инфракрасного датчика.

В 2003 году та же компания iRobot выпустила еще одного робота-уборщика, который получил название Intellibot (рис. 12). Данное устройство также является роботом-уборщиком и предназначено для влажной уборки на больших территориях, например в больницах, торговых центрах и т.д. В отличие от роботов-пылесосов данное устройство имеет большие габариты (до 1 метра в высоту). Это связано с тем, что Intellibot оборудован довольно сложной системой очистки воды.



Рисунок 12 – Робот-уборщик iRobot Intellibot

Чаще всего данные роботы используются в составе группы из нескольких устройств. С помощью беспроводных каналов связи каждый Intellibot связывается с центральным компьютером, который осуществляет управление всей системой. В качестве источника питания робота выступает встроенный аккумулятор, ресурса которого хватает на 4 часа непрерывной работы.

Но различные роботы-уборщики – не единственная сфера применения мобильных роботов. Так, в 2006 году инженеры компании Sony продемонстрировали PatrolBot – робота-охранника (рис. 13). Его основной задачей являлась патрулирование территории, обнаружение посторонних лиц, наблюдение за состоянием дверей и замков и т.д. Кроме того, PatrolBot способен перемещать небольшие грузы и выполнять некоторые другие вспомогательные задачи.



Рисунок 13 – Робот-охранник PatrolBot

Робот был оборудован видеокамерой, которая совместно со специальным алгоритмом обработки информации позволяла производить наблюдение за территорией. Также с помощью камеры робот определял свое текущее положение.

### **Беспилотные автомобили**

Сама идея беспилотного автомобиля не нова – в том или ином виде такие устройства встречались в произведениях фантастов еще 40-50 лет назад. И действительно, что может быть проще, чем объединить обычный автомобиль



и компьютер, заставив второй управлять первым? Но, как оказалось, все далеко не так просто.

Автором первой беспилотной машины принято считать Эрнста Дикманса, инженера из Университета Бундесвера [10]. Его разработка – VaMoRs – в ходе испытаний (1987 год) смогла проехать 20 километров на скорости более 90 км/ч (рис. 14). «Навигационная» система автомобиля была построена на базе пары видеокамер, также использовались некоторые дополнительные датчики.



Рисунок 14 - Автомобиль VaMoRs

В 1994 году была представлена новая версия беспилотного автомобиля, которая получила название VaMP. В отличии от своего предшественника она была способна самостоятельно распознавать дорожную разметку, а также определять свое положение относительно других машин, находящихся в 100-метровой зоне. А в 1995 году команда Дикманса представила модернизированный Mercedes S-class, который самостоятельно проделал путь в 1600 км из Мюнхена в Оденс, развивая скорость до 180 км/ч.

Чтобы стимулировать развитие беспилотных автомобилей, в 2004 году DARPA (агентство передовых оборонных исследований США) организовало

специальные соревнования. В рамках данного мероприятия разработки участники должны преодолеть трассу в 150 миль, проходящую по каменистой пустыне. И если в 2004 году никто из участников не смог добраться до финиша (лучший результат составил всего 7,5 миль), то уже в 2007 году некоторым это удалось. Стоит отметить, что во второй раз организаторы к пустынному участку добавили еще и городской, протяженностью в 60 миль, на котором был создан искусственный трафик.

Широко известны беспилотные автомобили компании Google – это модернизированные версии автомобилей Toyota Prius (рис. 15). Первые семь моделей были введены в эксплуатацию в 2010 году и к 2012 году их суммарный пробег по дорогам США составил более 140 тысяч миль.



Рисунок 15 – Google Toyota Prius

В беспилотных машинах «от Google» для навигации используется система, состоящая из трех компонентов. Первый компонент – круговой лазерный дальномер LIDAR. С его помощью автомобиль определяет свое положение относительно окружающих его предметов (при условии, что они лежат в плоскости сканирования и способны отражать свет). Второй

компонент представляет собой специальный программный алгоритм, который анализирует картинку, поступающую со встроенных в машину камер, и сравнивает ее с изображениями, хранящимися в базе Google Street View. И, наконец, третий компонент – система ультразвуковых датчиков, которые располагаются на передней и задней части машины. С их помощью определяется расстояние до ближайших объектов (аналогично системе parktronic).

Несмотря на то, что испытания показали работоспособность и высокую надежность такой системы, а автомобили от Google получили разрешение на передвижение по дорогам ряда штатов, сами разработчики предупреждают пользователей о возможных проблемах. Так, например, второй компонент навигационной системы не способен распознать место в плохих погодных условиях.

Говоря о беспилотных автомобилях нельзя не упомянуть компанию Tesla – на данный момент ее система автономного управления автомобилем Full Self-Driving Capability (рис. 16) является одной из наиболее совершенных. Данная система построена на базе 8 камер, 12 ультразвуковых датчиков и радара. Данный, получаемые этими сенсорами, обрабатывает специальный, высокопроизводительный компьютер [12].



Рисунок 16 – Автопилот от компании Tesla

Стоит отметить, что все автомобили, Tesla, оснащенные подобной системой, поддерживают обратную связь с серверами компании в режиме реального времени. Это позволяет разработчикам не только оперативно исправлять возникающие проблемы, но и на основе получаемых данных улучшать «поведение» всех своих автомобилей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время мобильные колесные роботы тесно интегрировались в жизнь человека – начиная от относительно простых роботов-игрушек и заканчивая автомобилями с системой автономного управления или планетоходами для исследования других планет. Но пока что к сожалению им не удалось интегрироваться во все области, где их присутствие принесло бы экономическую и практическую выгоду. Так, переоборудование производства или склада требует значительных финансовых затрат на начальном этапе, и не каждое предприятие готово на это пойти, несмотря на последующую выгоду.

Что касается перспектив развития робототехники в целом и мобильных колесных роботов в частности, то в первую очередь стоит ожидать появления новых, более совершенных датчиков обратной связи. Это позволит с одной стороны повысить точность работы робота, а с другой – снизить его стоимость. Также ведутся активные работы по модернизации системы электропитания – совершенствуются аккумуляторы, разрабатываются методы бесконтактной передачи электроэнергии. Активно развивается программная часть, в том числе и системы на базе нечеткой логики. Это позволит вывести на новый уровень взаимодействие робота с человеком и окружающим миром.

Несмотря на то, что с момента своего зарождения робототехника проделала огромный путь, в грядущей перспективе он может показаться всего лишь крохотным шагом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев А.В. Принципы построения и классификации шасси мобильных роботов наземного применения и планетоходов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 1, 2013. – С. 124-131)
2. Вязников В.И. История создания паровой машины от Сейвери до Уатта. –М., Прогресс. 1986.
3. Морозов Ю. М. История и методология вычислительной техники: учеб. Пособие / Ю.М. Морозов. – 2012. – 312 с.
4. Радовский М. И. Фарадей. — М.: Журнально-газетное объединение, 1936. — Жизнь замечательных людей, выпуск 91—92 (19—20)
5. Резепкин А. Д. Проблема происхождения колесного транспорта и его появления на Северном Кавказе // Четвёртая Кубанская археологическая конференция. Тезисы и доклады. Краснодар. 2005.
6. Перов В. Д, Стахеев Ю. И. Космические аппараты исследуют луну (к 20-летию запуска "Луны-1") // Новое в жизни, науке и технике. Серия «Космонавтика, астрономия». 1, 1979. – М., «Знание», 1979.
7. Юревич Е.И. Основы робототехники. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ – Петербург, 2005. – 416 с.
8. Jürgen Alex. Konrad Zuse: der Vater des Computers / Alex J., Flessner H., Mons W. u. a.. — Parzeller, 2000. — 263 S. — ISBN 3-7900-0317-4, KNO-NR: 08 90 94 10
9. An Electromechanical Animal, *Dialectica* (1950) Vol. 4: 42—49
10. Автономные машины – от идей Леонардо к Гугломобилю // Автоутро – Электронный журнал – 2012. – Режим доступа: <http://autoutro.ru/review/2012/03/01/avtonomnyye-mashiny-ot-idej-leonardo-k-guglomobilyu/>
11. iRobot Corporation: Our History // Official web site iRobot company – 2019. – Режим доступа: <http://www.irobot.com/sp.cfm?pageid=203>

12. Tesla: Autopilot // Official web site Tesla company – 2019. – Режим доступа:  
<https://www.tesla.com/autopilot>
13. Driverless transport system at LAPP cable // Official Siemens youtube channel – 2014. – Режим доступа:  
[http://www.youtube.com/watch?v=OexowW9na\\_s](http://www.youtube.com/watch?v=OexowW9na_s)
14. CNET News - Meet the robots making Amazon even faster // Official CNET youtube channel – 2014 – Режим доступа:  
<http://www.youtube.com/watch?v=UtBa9yVZBJM>