

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение “Лицей” №38
Советского района г. Нижнего Новгорода

Неземные машины

Выполнила: Логунова Дарья,

Ученица 9 класса

Научный руководитель:

Еделев Ю.А. зам. главного

инженера КВЦ

Еделев А.Ю.,

учитель физики

Нижний Новгород

2025 г.

Содержание

Введение.....	Стр.2
Теория.....	Стр.4
Обобщающая таблица.....	Стр.14
Области применения и конструкция.....	Стр.16
Описание движения планетохода.....	Стр.17
Анализ и выбор типа передвижения.....	Стр.19
Схема компоновки.....	Стр.19
Выбор материала для изготовления.....	Стр.21
Составление модели планетохода.....	Стр.22
Управление и электронные компоненты.....	Стр.25
Принципиальная схема.....	Стр.28
Программирование.....	Стр.29
Приложение.....	Стр.33
Программирование кнопок.....	Стр.33
Расчёт коэффициента буксования.....	Стр.35
Нахождение и подстановка значений.....	Стр.36
Перспективы в работе.....	Стр.37
Заключение.....	Стр.37
Литература.....	Стр.38

Введение

В 21 веке покорение и развитие космоса просто необходимо. Современное оборудование позволяет человеку определять прогнозы погоды, делать невероятные снимки из космоса, проследивать каждый уголок планеты прямо из дома и многое другое. «Жизнь показывает, что и космос будут осваивать не какие-нибудь супермены, а самые простые люди.» (Юрий Гагарин). В этом высказывании Юрий Гагарин хотел сказать, что на данный момент человечество настолько развивается в сфере изучения космоса, что в будущем не понадобится определенная спец. подготовка людей для отправления в космос.

С какой целью люди исследуют космическое пространство? На данный момент существует множество причин для этого. Ученые выделили несколько из них:

1. выживание. Ученые предполагают, что в определенной ситуации человечество может оказаться на грани исчезновения. Предполагается, что спасти остатки цивилизации поможет только эвакуация на другую планету.
2. добыча полезных ископаемых. Считается, наиболее ценными залежами обладают астероиды. Соответственно, поэтому освоение человеком космического пространства играет экономическую роль. Редкоземельные металлы не настолько редки в других звездных системах. Таким образом, это позволит решить множество проблем.
3. возможность противостоять глобальным угрозам. Сейчас в данный ранг возведены кометы и астероиды.

Как может помочь планетоход в изучении космического пространства?

Помощь в выборе мест для посадки. Изображения поверхности, полученные луноходами, позволяют выбирать наиболее подходящие места для посадки.

Нахождение ценных залежей. К примеру добыча гелия-3 на Луне является весьма перспективным направлением. При термоядерном синтезе одного тонна гелия-3 с 0,67 тонн дейтерия высвобождается энергия, эквивалентная сгоранию двух миллионов тонн нефти. Гелий-3 — это «солнечный изотоп», который начинает свой путь на Солнце и попадает в окружающее пространство благодаря солнечному ветру. Однако магнитное поле Земли не пропускает значительную его часть. Весь запас гелия-3 на Земле сформировался миллиарды лет назад, когда планета только образовалась. С тех пор он постепенно улетучивается из мантии в атмосферу, поэтому его залежи на земной поверхности ничтожно малы. Содержание гелия-3 на поверхности Луны в 10 тысяч раз выше, чем на Земле. На нашем спутнике гелий-3 не рассеивается в атмосфере. Только в Море Спокойствия, площадь которого составляет 280 тысяч квадратных метров, можно добыть 9,5 тонны гелия-3.

Исследование погодных условий: Они влияют выбор в каком именно направлении мы сможем использовать изучение планеты, так как от этих условий зависит то какими ресурсами она может обладать и можно ли будет использовать её в перспективе как второй дом человечества.

Гипотеза: Возможно самостоятельное создание модели планетохода.

Цель: Исследовать существующие «неземные машины»: планетоходы, луноходы. Разработать действующую модель.

Задачи:

1. Провести анализ литературы по теме.
2. Разработать концептуальную схему модели.
3. Определить и подобрать необходимые комплектующие.
4. Изготовить корпус модели.

5. Собрать и протестировать действующую модель.
6. Разработать программное обеспечение для управления моделью.
7. Провести анализ функционирования модели.

Объект исследования: Модель планетохода.

Методы исследования:

1. Теоретический - анализ информации о планетоходах:

- Изучение литературы на данную тему
- Оценка актуальности данного направления

2. Практический - моделирование планетохода:

- Проектирование и конструирование: выбор материалов и компонентов.
- Сборка модели: Практическая реализация модели с использованием современных технологий и инструментов.
- Тестирование и отладка: Проведение испытаний модели для выявления и устранения возможных дефектов.
- Анализ результатов: Оценка эффективности модели.

Теория

ПЛАНЕТОХОД, транспортное устройство, способное передвигаться по поверхности внеземного небесного тела (планеты, астероида); управляется дистанционно или космонавтом. Первый в мире дистанционно-управляемый самоходный аппарат «Луноход-1»

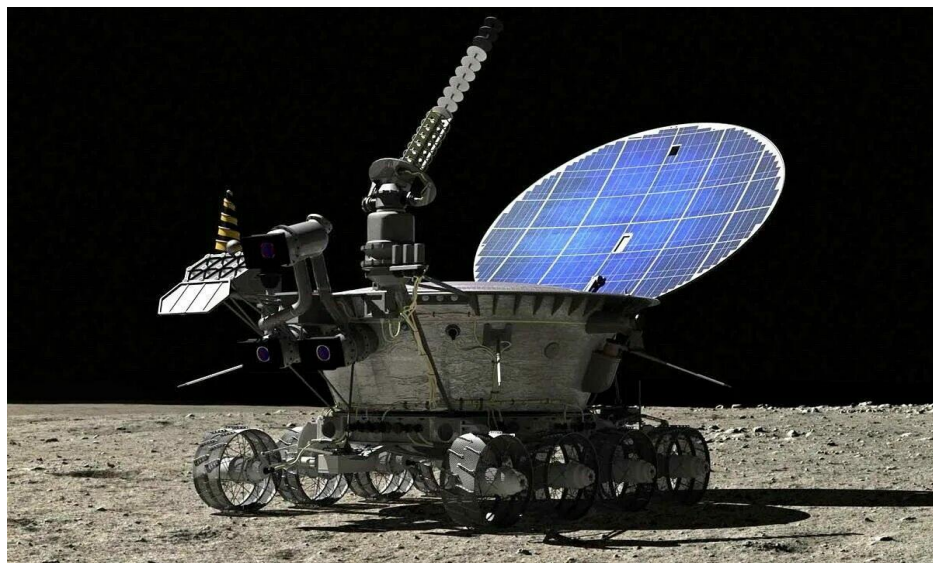
Виды луноходов

Советские луноходы

Луноход 1

Первым механизмом на Луне стал советский «Луноход». Он был запущен в 1970 году, им управляли по радио, с Земли. После прилунения выяснилось, что

камеры лунохода расположены слишком низко; из-за этого у машины возникли проблемы с передвижением так как она постоянно попадала в кратеры. Благодаря восьми колёсам и их подвижной системе Луноход успешно справился с этой трудностью. Луноход был способен совершать повороты на месте и в движении, а также передвигаться с двумя скоростями вперёд и назад. «Луноход» превзошёл все ожидания вместо запланированных 90 дней он смог проработать почти год и проехал 10,5 км. Место, где он окончательно остановился, долго было неизвестно и обнаружен в 2005 году на фотографиях, сделанных орбитальным лунным аппаратом NASA.



Луноход 2

Второй советский «Луноход 2» в 1973 году прилетел на Луну. От него ожидали получить высокие результаты.

Во-первых, он был в самой серьезной среди всех по весовой категории: вес его составлял 840 килограмм и стал рекордным для доставки груза на поверхность Луны.

Во-вторых, он прошел больше предшественников — 37 или 39 километров, и этот рекорд смогли побить только в 2014 году. К сожалению его путешествие прекратилось из-за пыли, покрывшей солнечные панели. А в 1993 году его купили на аукционе в Нью-Йорке. Предприниматель Ричард Гарриот заплатил

за «Луноход 2» 68,5 тысяч долларов и стал единственным в мире владельцем собственности, находящейся за пределами Земли.

Американские луноходы.

Аполлон 15

Первый пилотируемый аппарат на Луне был лунный ровер который прилунился в 1971 году, в нём находились астронавты Дэвид Скотт и Джим Ирвин. Немного спустя после начала поездки один из космонавтов начал жаловаться на качку так как притяжение Луны было слишком слабым, для того чтобы удерживать разогнавшийся луноход, и машина подпрыгивала, отрываясь от грунта всеми колесами сразу. Развивать максимальную скорость было довольно безопасно: во-первых, маршрут был составлен тщательно, с учетом всех возможных препятствий, а во-вторых, как заметил в радиопередаче на землю один из пассажиров, не было никакого встречного движения.

Аполлон 16

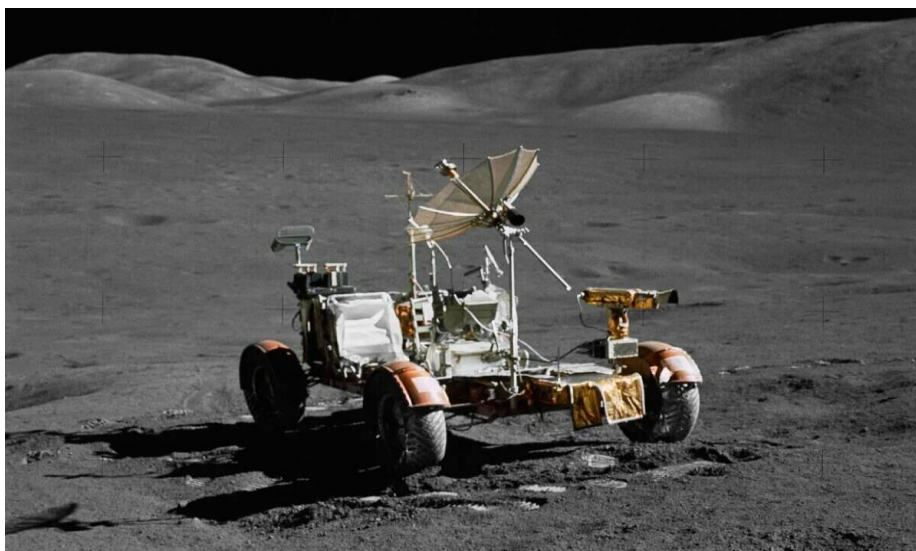
Второй американский луноход доставила на спутник миссия Аполлон 16. На нем астронавты преодолели уже 27 километров — и выбрали «Биг Мали», самый большой образец лунного грунта, доставленный на Землю. Имя 11-килограммовый кусок реголита получил в честь главного геолога миссии.

В конструкции лунохода исправили один существенный недостаток, который сильно мешал экипажу Аполлона 15 увеличили длину ремня безопасности, который астронавты предыдущей миссии долго не могли застегнуть — мешали раздувшиеся при низком давлении скафандры.

Аполлон 17

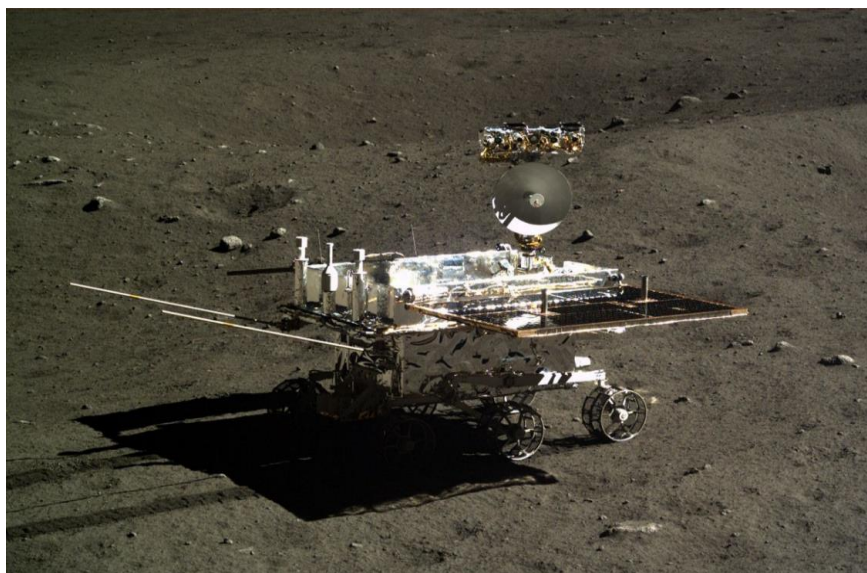
Юджин Сернан, командир экипажа Аполлона 17, провел несколько драгоценных часов лунной миссии, занимаясь починкой крыла лунохода. В ход пошли бумажные лунные карты, изоленга и детали посадочного модуля. Ровер семнадцатого Аполлона развивал рекордные на тот момент 18 км/ч. Его

водитель, Сернан 14 декабря 1972 года стал последним человеком, ступавшим на Луну; с тех пор лунные моторы обходились без водителей.



Китайские луноходы:

Юйтú — это мифологический лунный заяц, принадлежащий богине Чанье); имя луноходу было выбрано в результате электронного голосования. Габариты лунохода «Юйту» составляли 1,5 метра в длину, 1 метр в ширину и 1,1 метр в высоту (немного меньше, чем марсоходы «Спирит» и «Опотьюнити»). Его масса равнялась 140 кг, из которых около 20 кг составляла полезная нагрузка. Он мог передавать видео в реальном времени и имел автоматические сенсоры для предотвращения столкновения с другими объектами. Шестиколёсный луноход был рассчитан на работу в течение трёх месяцев, прохождение дистанции в 10 км, развитие скорости 200 м/ч и преодоление препятствий, имеющих 30-градусный уклон. Был снабжён солнечными панелями, позволяющими работать во время лунного дня, ночью переходя в спящий режим. Обогрев осуществлялся за счёт радиоизотопного нагревательного элемента, работающего на плутоний-238, и двухфазных жидкостных контуров; конструкционно «Юйту» способен выдерживать перепады температур в 300 градусов в спящем режиме



Индийский луноход «Прагьян».

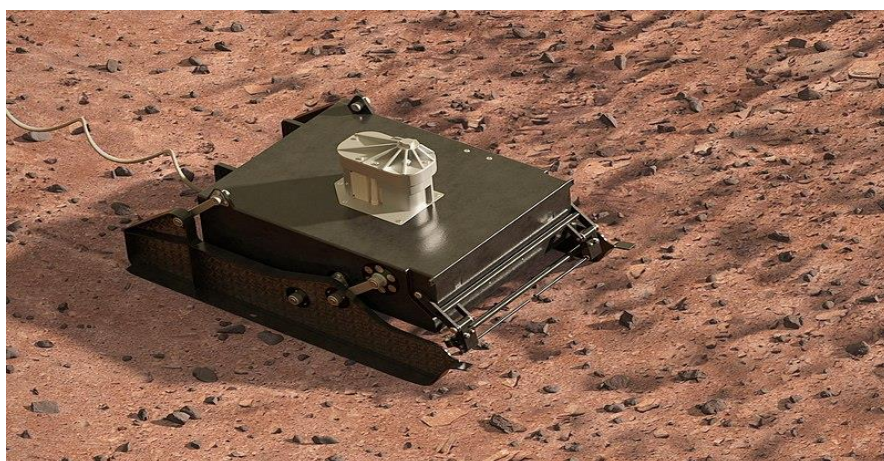
Спускаемый модуль «Викрам» индийской станции «Чандраян-3» с луноходом «Прагьян» прилунился 23 августа 2023 года. Индийский планетоход весил 26 кг и был рассчитан на один лунный день автономной работы, то есть 14 земных суток. В рамках третьей из цикла миссий «Чандраян» (пер. с санскрита — «лунный корабль») страна сделала мягкую посадку космического аппарата на поверхность Луны, и стала первой, совершившей это вблизи южного полюса. Главная цель данной миссии заключалась в анализе реголита, определении наличия водяного льда, а также летучих компонентов. За ходом этой миссии наблюдала вся Индия. К сожалению луноход перешёл в спящий режим в начале сентября, когда на Луне настала ночь и у космического аппарата разрядились батареи. Индийская организация космических исследований надеялась, что аппарат пробудится, когда солнце встанет над Луной и его солнечные панели перезарядятся. Однако попытки разбудить «Прагьян» оказались безуспешными, и учёные сообщили, что шансы на пробуждение тают.



Виды марсоходов

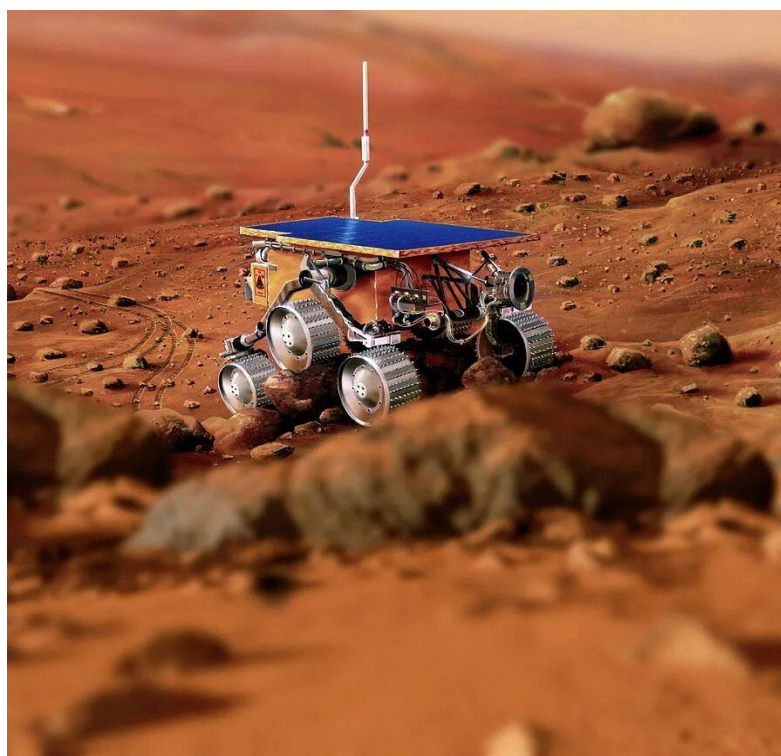
ПРОП-М

Правильно он назывался «Прибор оценки проходимости — Марс» (ПРОП-М), указывая на основную задачу первенца — исследовать местность на предмет проходимости. В то время о грунте Марса было известно крайне мало. На всякий случай ПРОП оснастили самым консервативным шасси: две лыжи, которые приподнимали корпус аппарата над поверхностью и проносили вперёд. Спускаемый аппарат совершил мягкую посадку 2 декабря 1971 года, но сигнал с самой марсианской станции, к которой был подключён по кабелю марсоход, пропал через 14,5 секунды после посадки. Информация с марсохода не была получена.



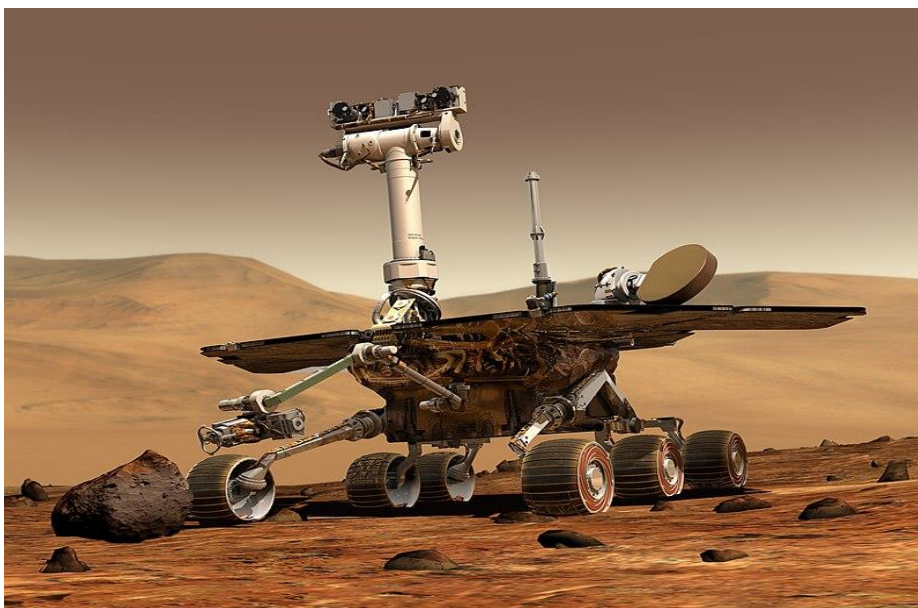
Марсоход Соджорнер

Микро-ровер весил всего 23 фунта и был рассчитан на 30 сол (один сол = один марсианский день = 24 часа 39 минут 35 секунд) на Марсе, но смог проработать в течение 85 дней (83 сол). Sojourner приземлился в районе Ares Vallis на красной планете и преодолел расстояние около 100 метров. Марсоход был построен Лабораторией реактивного движения НАСА (JPL) и являлся частью миссии Pathfinder. Ученые NASA решили высадить Sojourner в долине Арес (Ares Vallis), поскольку рельеф местности выглядел так, как будто ранее он был покрыт водой. Хотя марсоход не обнаружил никаких признаков, подтверждающих наличие воды на Марсе, он позволил NASA успешно протестировать и продемонстрировать "более быструю, лучшую и дешевую" технологию для исследования других планет нашей Солнечной системы. Sojourner сделал свою последнюю передачу данных 27 сентября 1997 года, но был активен до 7 октября. Он передал 2,3 миллиарда бит информации, включая более 16 500 снимков с посадочного аппарата и 550 снимков с марсохода, а также провел более 15 химических анализов пород и почвы.



Mars Exploration Rover

Два марсохода НАСА «Спирит» и «Оппортьюнити» были запущены летом 2003 года. «Спирит» приземлился на обширной равнине кратера Гусева 4 января 2004 года. «Оппортьюнити» совершил посадку в «дыру», пролетев через равнину Меридиана прямо в крошечный кратер Игл 25 января 2004 года. Марсоходы были рассчитаны на 90 марсианских дней, однако оба робот-исследователя намного превзошли свои первоначальные задачи и годами собирали данные на поверхности Марса. Колёса «Спирита» проехали по равнинам кратера Гусева более шести лет, а его последний подтверждённый сигнал был отправлен 22 марта 2010 года. «Оппортьюнити» путешествовал по равнине Меридиана невероятных пятнадцать лет, отправив свой последний сигнал 10 июня 2018 года. В июне 2018 года «Оппортьюнити» попал в пыльную бурю, охватившую всю планету. Поскольку марсоход питался энергией от солнечных батарей, он не мог заряжать аккумуляторы под пыльным небом. Инженеры пытались восстановить связь с марсоходом в течение многих месяцев, но в феврале 2019 года миссия была объявлена завершённой.

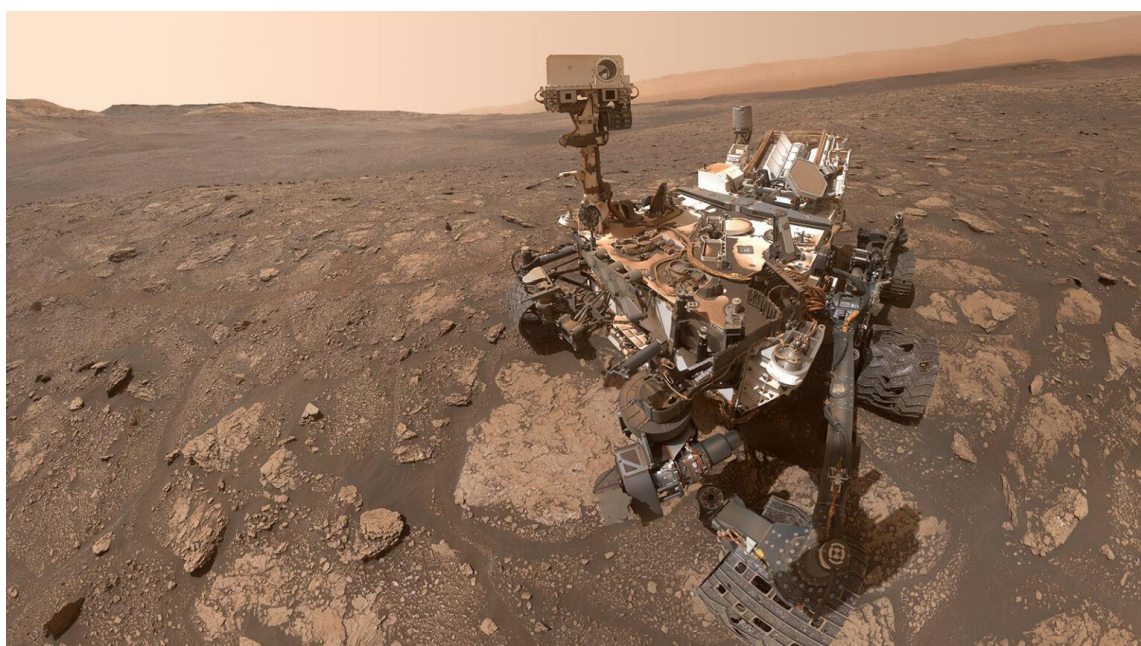


Curiosity

«Кьюриосити» (англ. Curiosity — любопытство, любознательность) — марсоход третьего поколения, разработанный для исследования кратера Гейла на Марсе в рамках миссии НАСА «Марсианская научная лаборатория» (Mars Science Laboratory, сокр. MSL). Запущен с мыса Канаверал 26 ноября 2011 года и совершил посадку на Aeolis Palus внутри кратера Гейла на Марсе 6 августа 2012 года.

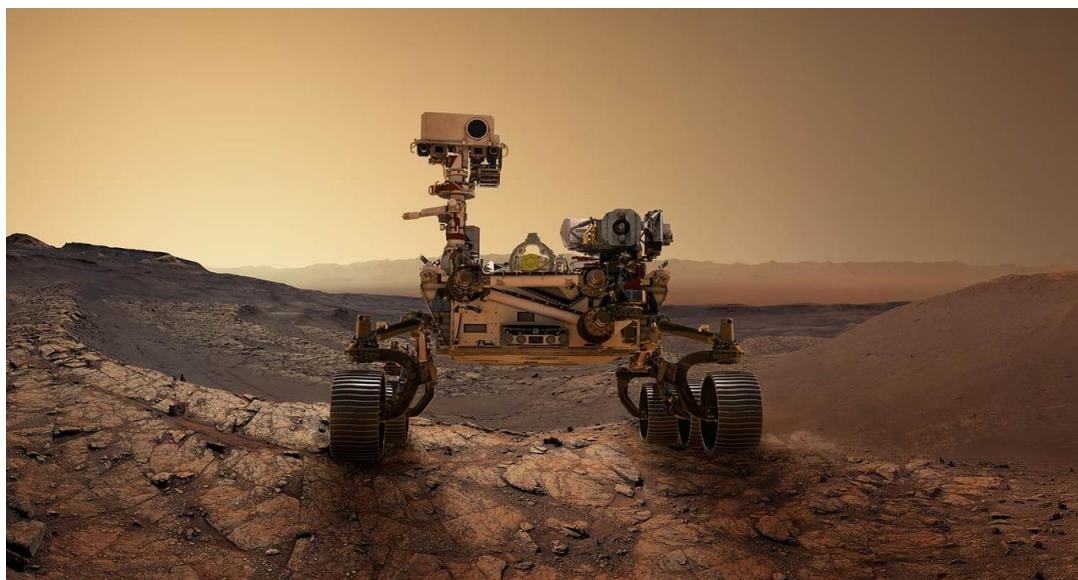
Некоторые характеристики марсохода:

Масса: после мягкой посадки составила 899 кг, в том числе 80 кг научного оборудования. Размеры: длина — 3 м, высота с установленной мачтой — 2,1 м и ширина — 2,7 м. Передвижение: на поверхности Марса способен преодолевать препятствия высотой до 75 см. Максимальная скорость на твёрдой ровной поверхности — 144 метра в час. Источник питания: питается от Радиоизотопного термоэлектрического генератора (РИТЭГ), который производит электроэнергию от естественного распада изотопа плутония-238. По состоянию на 7 октября 2023 года марсоход преодолел 31,05 км.



Марсоход Персеверанс (Perseverance, Percy).

18 февраля 2021 года в рамках программы Mars Exploration Program на Марс прибыли ровер Perseverance и вертолетный дрон Ingenuity. Марсоход массой чуть более тонны (1025 кг) оснащен самыми современными исследовательскими инструментами, позволяющими фиксировать микроскопические нюансы, скрытые в марсианской породе, и искать свидетельства существования прошлой микробной жизни. В основном речь идет о приборах SHERLOC (Scanning Habitable Environments with Raman & Luminescence for Organics & Chemicals) и WATSON (Wide Angle Topographic Sensor for Operations and Engineering). Кроме того Perseverance будет собирать и хранить образцы горных пород и грунта, чтобы в будущем специалисты NASA смогли доставить их на Землю в рамках миссии Mars Sample Return Campaign. Марсоход приземлился в кратере озера Джезеро, который был выбран учеными в качестве оптимального места для вероятного обитания древней микробной жизни.

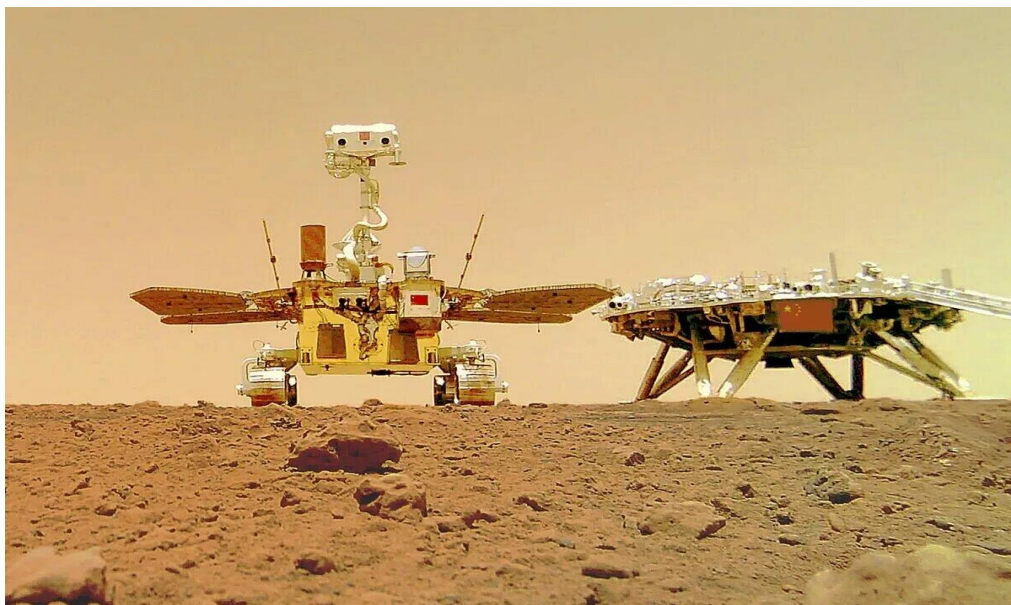


Китайский марсоход:


Чжужун

Китайский марсоход, названный в честь китайского бога огня «Чжужун» благополучно опустился на поверхность Марса 15 мая в 7:18 по пекинскому

времени. «Чжужун» представляет собой шестиколесный планетоход высотой 1,85 метра. Масса аппарата составляет 240 килограммов. На Марсе он займется исследованием грунта, ионосферы и климата. Одна из главных задач миссии — обнаружение возможных признаков жизни.



Обобщающая таблица

Название	Масса	Пройденное расстояние	Продолжительность функционирования	Изображение
Советские луноходы: Луноход1 Луноход2	756 кг 840 кг	1)10540м 2)от 39 до 42 км	10,5 месяцев 4 месяца	

Американский луноход (ровер): Аполлон15 Аполлон16 Аполлон17	209 кг 210 кг 210 кг г	1) 27,7 6 км 2) 26,5 5 км 3) 35,8 9 км	18 ч 34 мин 46 с 71 час 10 земных месяцев	
Китайские луноходы: Юйту Юйту1	140 кг 140 кг г	1)114 м 2)1,596 км.	Месяц 31 месяц	
Индийский луноход Прагьян	26 кг	Около 100 м	14 земных суток	
ПРОП-М	4,5 кг	Не известно	14,5 секунды	
Марсоход Соджонер	11,5 кг	около 100 метров	83 дня	
Опортьюнит и Спирит	185 кг г 174 кг	45 километр ов Около 8 километр ов	14 лет 2695 дней/ больше 6 лет	

Curiosity	899кг г	Около 28,2 км	больше 11 лет	
Марсоход Персеверанс	1025 кг	245,76 метра	более 1000 дней	
Чжужун	240 кг	около 1921 метра	92 дня	

Области применения планетохода

- ✓ Исследование поверхности планеты.
- ✓ Подготовка пилотируемых экспедиций.

Конструкция

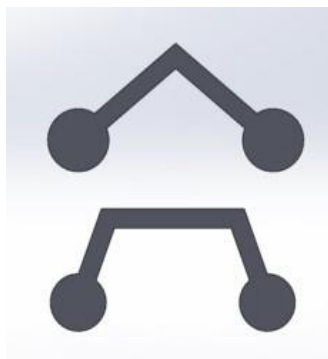
Конструкция качающейся тележки применяет отдельные оси, что даёт возможность роверу преодолевать препятствия, такие как камни, не отрывая шесть колес от земли. Такая конструкция позволяет преодолевать препятствия, которые в два раза превышают диаметр колеса. Марсоход *Curiosity* миссии Mars Science Laboratory может выдерживать наклон не менее 45 градусов в любом направлении без опрокидывания, но автоматические датчики ограничивают наклоны марсохода более чем на 30 градусов. Шасси такого типа предназначены для использования на низкой скорости — около 10 сантиметров в секунду (0,36 км/ч) чтобы свести к минимуму динамические удары и последующие повреждения транспортного средства при преодолении значительных препятствий. Лаборатория реактивного движения утверждает, что эта система качающейся тележки уменьшает движение основного корпуса транспортного средства более чем на 50 % по сравнению с другими системами

подвески. Каждое из шести колес марсохода имеет независимый двигатель, однако для работы можно обойтись и лишь приводом на 4 передних колёсах. Два передних и два задних колеса оснащены индивидуальными рулевыми двигателями, которые позволяют роверу поворачиваться на месте. Чтобы преодолеть вертикальное препятствие, передние колеса прижимаются к препятствию за счёт оказываемого центральными и задними колесами давлением. Вращение переднего колеса и воздействие на рычаг bogie помогает поднять передние колёса на препятствие. Затем среднее колесо прижимается к препятствию, и затаскиваются на верх вращением передних колёс и давлением задних. Наконец, задние колеса затаскиваются на препятствие передними и центральными колёсами. В настоящее время такой механизм используется на некоторых вездеходах, планетоходах, малогабаритных роботах и будущем может быть использован как средство передвижения по другим планетам.

Описание движения планетохода

Механизм rocker-bogie — один из видов подвески без упругого элемента, разработанная в 1988 году для использования в марсоходах NASA, наиболее часто используемый тип подвески в планетоходах. Шасси может преодолевать крупные препятствия путём поочерёдного поднятия трёх пар колёс. Система состоит из двух симметричных пар, расположенных по разные стороны корпуса, в каждой по две рабочие части — rocker («коромысло») и bogie («тележка»). Так как пары взаимно независимы, шасси может преодолевать разные препятствия на правой и левой частях одновременно, что *позволяет сохранять постоянный контакт всех колёс с поверхностью*. Первая, как правило задняя часть подвески — rocker. Она является несущей, она предохраняет механизм от опрокидывания назад, соединяет правую и левую часть механизма через дифференциал. Дифференциал позволяет правой и левой части оставаться независимыми, он придавливает одну из частей к поверхности земли, когда другая преодолевает препятствие, он позволяет

корпусу находиться в среднем положении. Bogie — это меньшая часть механизма. Имеет по два колеса на каждом конце. Он использует принцип рычага для подъёма переднего колеса. Примерно 60 % нагрузки приходится на этот элемент. Он может быть реализован в двух вариациях — *прямо-угловой* и *косвенно-угловой*.



Вверху — прямо-угловой вариант bogie, снизу косвенно-угловой.

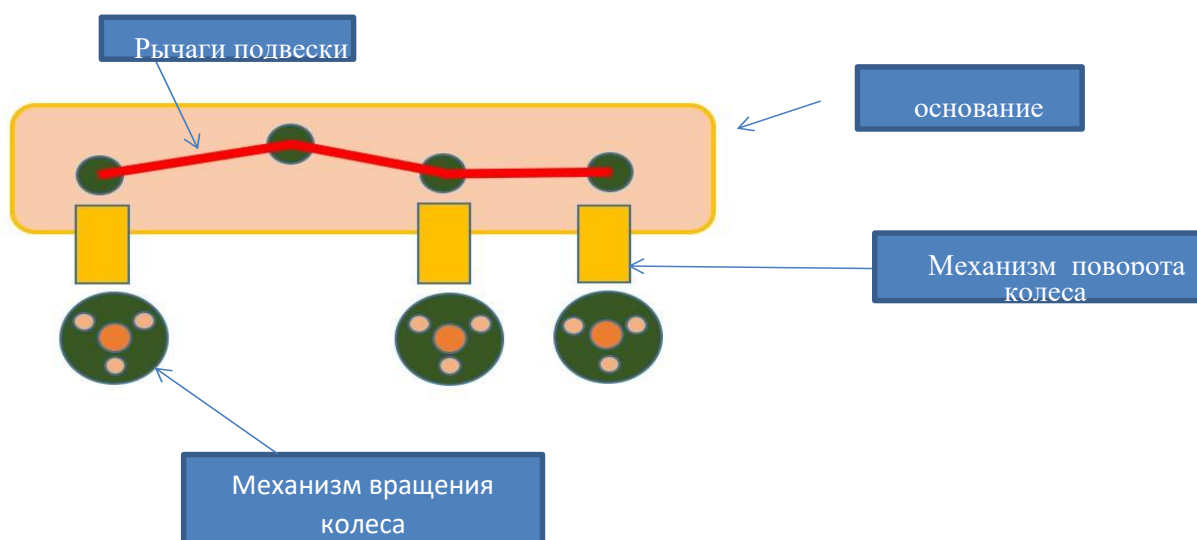
В прямо-угловом варианте только один угол, центр тяжести расположен по центру, поэтому такая конструкция имеет более низкую проходимость на участках с большим углом наклона поверхности. Этот недостаток может быть частично компенсирован путём увеличения угла (110° — 160° вместо 90°). В косвенно-угловом варианте имеется промежуточный элемент и 2 угла. Такая конструкция позволяет использовать рычаг поднимающий переднее колесо, используя вес корпуса для воздействия на рычаг. В таком варианте около 70 % нагрузки приходящейся на bogie идёт на заднее его колесо, и лишь 30 % на переднее. В большинстве случаев bogie выступает в качестве передней части, однако на таких роверах как MER и MSL он приходится на заднюю часть.

Анализ и выбор типа передвижения

Способ передвижения	Преимущества	Недостатки
Колёсный	Высокая скорость перемещения	Низкий удельный КПД
Гусеничный	Лучшие массогабаритные характеристики	Есть вероятность сброса гусеницы
Шагающий	Лучшая проходимость	Низкая скорость перемещения

Гусеничные движители, применяются в основном на машинах для переправы тяжёлых грузов вследствие равномерного распределения удельного давления на грунт. В данной работе изготавливается малонагруженная машина, поэтому данный фактор неактуален. Вероятность сброса гусеницы исключает применение гусеничного движителя, для способа перемещения по поверхности планеты и делает его ненадёжным. Колёсный тип движителя более пригоден для данной модели. Следовательно, выбор пал на него.

Схема компоновки марсохода

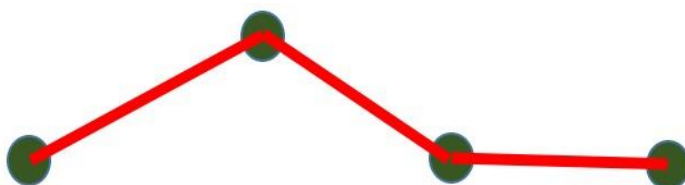


Основание

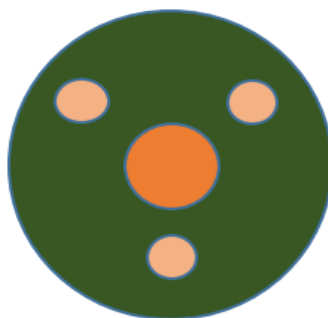
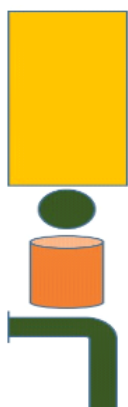
Состоит из трёх частей скрепленных между собой винтами



Рычаги подвески типа Rocer-Bogie



Механизм поворота колеса MG996R



Планетарный редуктор

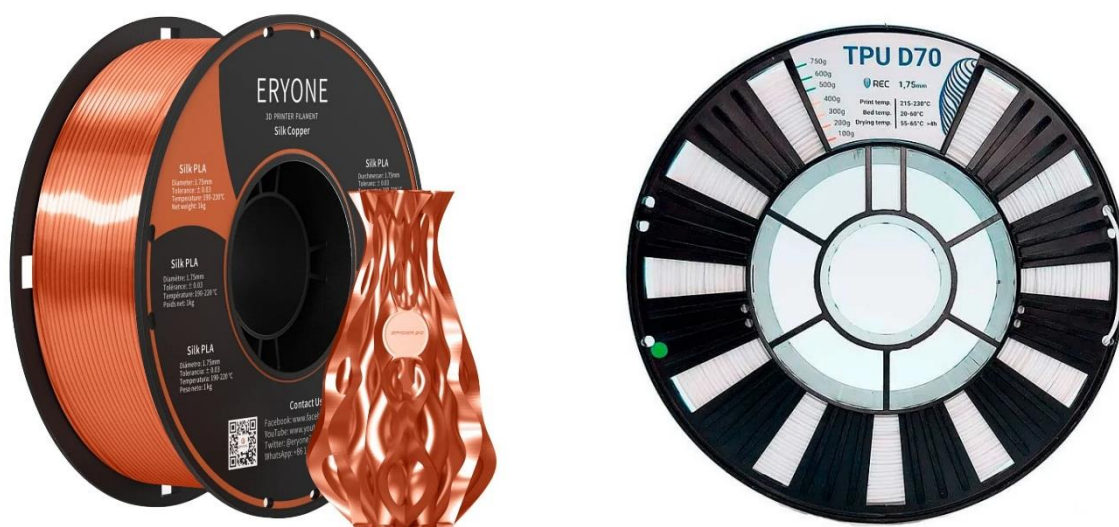
Выбор материала для изготовления модели

Для сравнения были взяты два вида пластика:

Пластик PLA, обладает прочностью и дает минимальную усадку, что позволяет сделать колеса практически идентичными и облегчить задачи, связанные с управлением.

Пластик ТПУ отличается от остальных видов пластика тем, что обладает высокой гибкостью, благодаря чему обеспечит хорошее сцепление. Помимо этого, пластик не боится воды.

Для данной модели одним из самых важных аспектов является прочность, поэтому предпочтение отдали пластику PLA.



Составление модели планетохода

1) 3D печать деталей

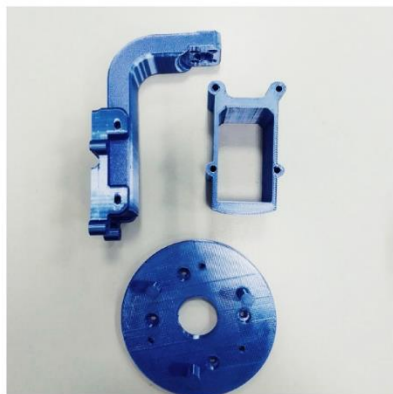
3D печать составляющих подвески:



3D печать частей колеса:

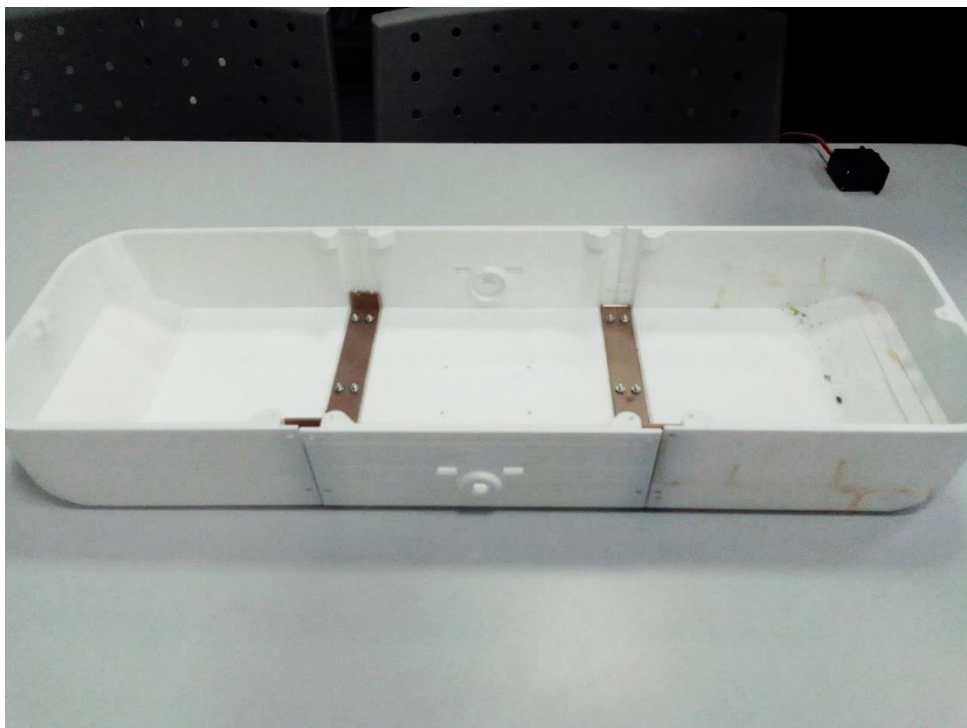


3D печать остальных деталей:

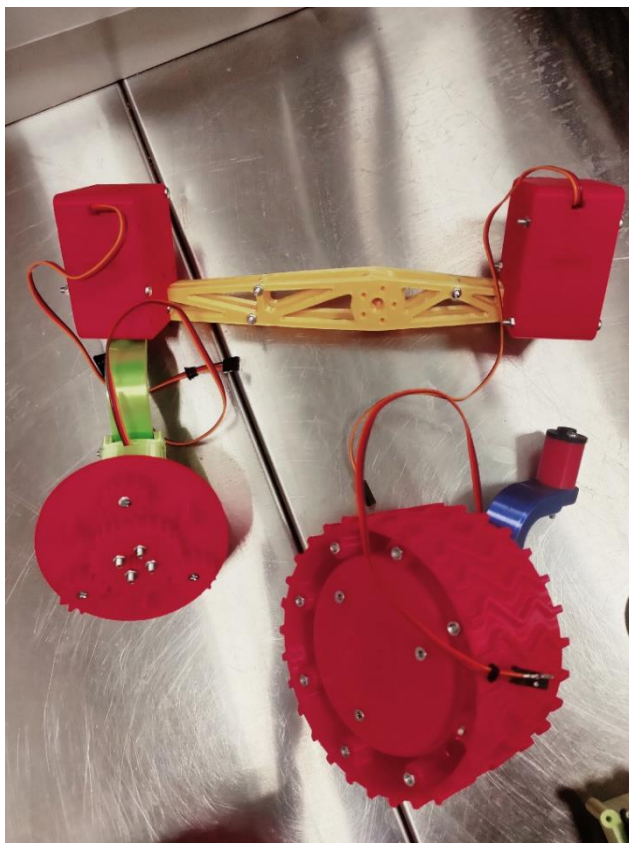


2) Соединение деталей:

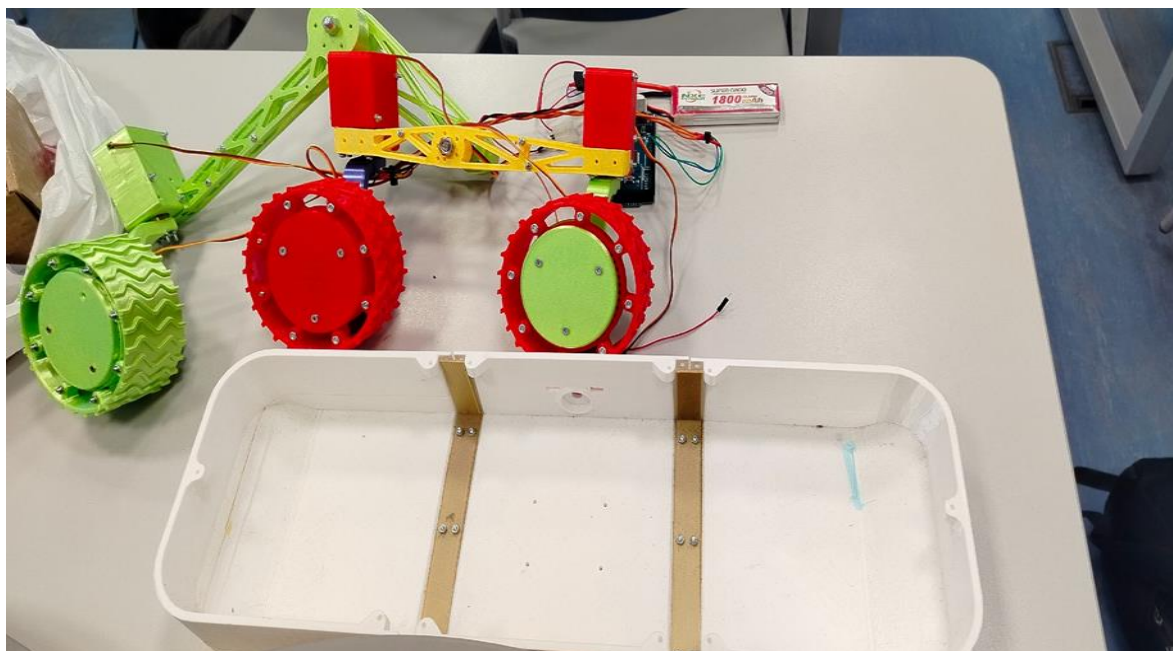
Было распечатано три части основания и соединены между собой:



Процесс подсоединения части подвески с колёсами:



3) Основание и полностью подсоединённые три колеса с подвеской:



Управление и электронные компоненты. микрокомпьютер

Для управления движением платформы была выбрана плата Arduino Mega, которая имеет 54 цифровых и 16 аналоговых каналов, что позволяет легко подключать все элементы системы управления. Для платы необходим источник тока с напряжением 5В.

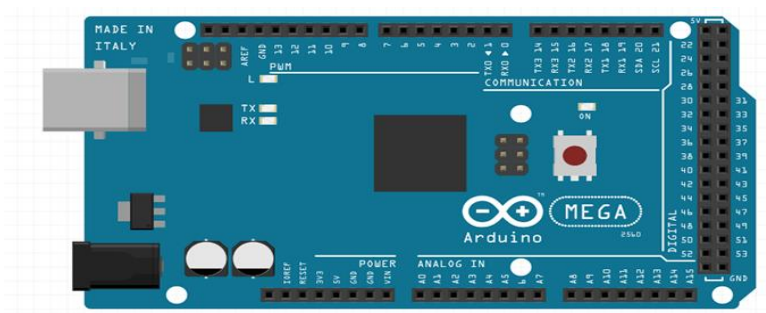


Рисунок – плата Arduino Mega

Bluetooth модуль

Bluetooth-модуль HC-06 позволяет передавать данные по беспроводному каналу связи между устройствами или микроконтроллерами.

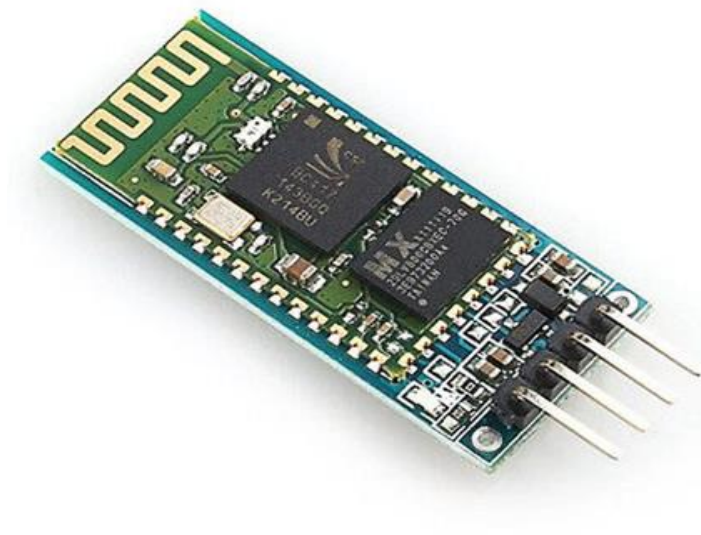


Рисунок – Bluetooth модуль

Серводвигатель

Серводвигатель MG996R – это мощный и надежный механизм, используемый для точного управления движением в различных проектах робототехники, автоматизации и моделирования. Он обладает высокой степенью точности и надежности, что делает его идеальным выбором для широкого спектра приложений. Серводвигатель MG996R обеспечивает плавное и контролируемое вращение, позволяя управлять положением и скоростью вращения для различных задач.



Рисунок – Серводвигатель

Плата расширения

Плата расширения — это вид компьютерных комплектующих, который устанавливается в слот расширения материнской платы для добавления дополнительных функций.



Рисунок – Плата расширения

ВМЕ 280-датчик темп

ВМЕ280 – высокоточный метеодатчик, измеряющий такие параметры микроклимата как температура, влажность и атмосферное давление. В зависимости от модуля может подключаться к I2C и SPI шинами микроконтроллера и работать от 3-5V, если на плате есть стабилизатор, или 3V, если его нет.

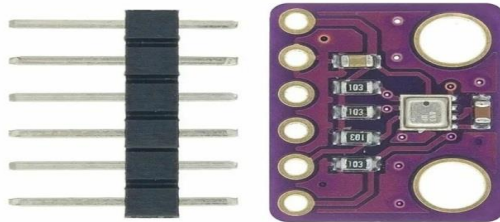


Рисунок – датчик темп

LiPo 2S

LiPo 2S — это аккумулятор, состоящий из двух батарей, соединённых последовательно. Простыми словами, это две ячейки, которые подключены друг к другу с целью получения общего напряжения батареи. Каждая ячейка обладает номинальным напряжением в 3,7 вольт, поэтому $2S = 7,4V$.



Рисунок – аккумулятор

Принципиальная схема

Принципиальная схема управления выглядит следующим образом. Плата Arduino Mega передает сигналы на ШИМ-контроллеры, которые в свою очередь определяют направление и скорость вращения каждого колеса в зависимости от входящего сигнала, после чего приводят двигатели в движение.

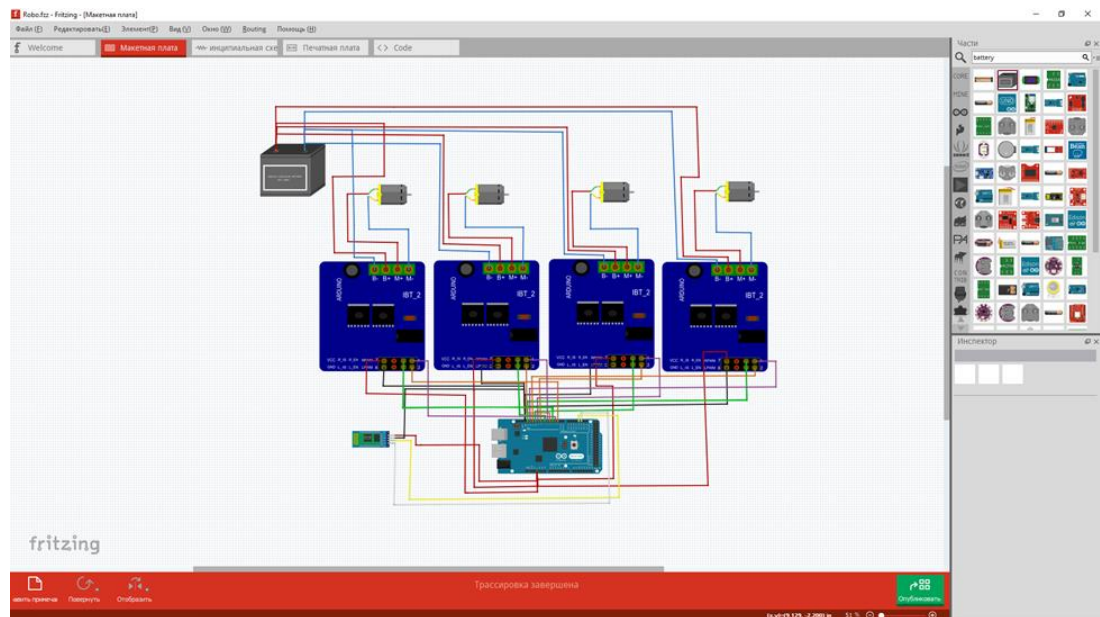


Рисунок – Принципиальная схема

Программирование

объявление переменных и присваивание портов

```
////// Мотор Front Right //////////////////////////////////
const uint8_t EN1    = 4;      // № вывода Arduino к которому подключены входы драйвера L_EN и R_EN.
const uint8_t L_PWM1 = 2;      // № вывода Arduino к которому подключён вход драйвера L_PWM.
const uint8_t R_PWM1 = 3;      // № вывода Arduino к которому подключён вход драйвера R_PWM.
////// Мотор Rear Right //////////////////////////////////
const uint8_t EN2    = 7;      // № вывода Arduino к которому подключены входы драйвера L_EN и R_EN.
const uint8_t L_PWM2 = 5;      // № вывода Arduino к которому подключён вход драйвера L_PWM.
const uint8_t R_PWM2 = 6;      // № вывода Arduino к которому подключён вход драйвера R_PWM.
////// Мотор Rear Left //////////////////////////////////
const uint8_t EN3    = 10;     // № вывода Arduino к которому подключены входы драйвера L_EN и R_EN.
const uint8_t L_PWM3 = 8;      // № вывода Arduino к которому подключён вход драйвера L_PWM.
const uint8_t R_PWM3 = 9;      // № вывода Arduino к которому подключён вход драйвера R_PWM.
////// Мотор Front Left //////////////////////////////////
const uint8_t EN4    = 13;     // № вывода Arduino к которому подключены входы драйвера L_EN и R_EN.
const uint8_t L_PWM4 = 11;     // № вывода Arduino к которому подключён вход драйвера L_PWM.
const uint8_t R_PWM4 = 12;     // № вывода Arduino к которому подключён вход драйвера R_PWM.
```

Движение вперед/назад

Для движения вперед или назад необходимо вращать все 4 колеса в одном направлении.

```
////////// Движение вперед ////////////////////////////////////////////
void forward () {
    //////////// Мотор Front Right ////////////
    digitalWrite(L_PWM1, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера L_PWM
    digitalWrite(R_PWM1, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера R_PWM
    digitalWrite(EN1,  HIGH); // Эта функция выполнит те же действия что и функция analogWrite(EN, 255);

    //////////// Мотор Rear Right ////////////
    digitalWrite(L_PWM2, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера L_PWM
    digitalWrite(R_PWM2, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера R_PWM
    digitalWrite(EN2,  HIGH); // Эта функция выполнит те же действия что и функция analogWrite(EN, 255);

    //////////// Мотор Rear Left ////////////
    digitalWrite(L_PWM3, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера L_PWM
    digitalWrite(R_PWM3, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера R_PWM
    digitalWrite(EN3,  HIGH); // Эта функция выполнит те же действия что и функция analogWrite(EN, 255);

    //////////// Мотор Front Left ////////////
    digitalWrite(L_PWM4, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера L_PWM
    digitalWrite(R_PWM4, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера R_PWM
    digitalWrite(EN4,  HIGH); // Эта функция выполнит те же действия что и функция analogWrite(EN, 255);
}

////////// Движение назад ////////////////////////////////////////////
void back () {
    //////////// Мотор Front Right ////////////
    digitalWrite(L_PWM1, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера L_PWM
    digitalWrite(R_PWM1, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера R_PWM
    analogWrite (EN1, 255 ); // Устанавливаем 100% ШИМ на входах драйвера L_EN и R_EN

    digitalWrite(L_PWM2, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера L_PWM
    digitalWrite(R_PWM2, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера R_PWM
    analogWrite (EN2, 255 ); // Устанавливаем 100% ШИМ на входах драйвера L_EN и R_EN

    //////////// Мотор Rear Left ////////////
    digitalWrite(L_PWM3, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера L_PWM
    digitalWrite(R_PWM3, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера R_PWM
    analogWrite (EN3, 255 ); // Устанавливаем 100% ШИМ на входах драйвера L_EN и R_EN

    //////////// Мотор Front Left ////////////
    digitalWrite(L_PWM4, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера L_PWM
    digitalWrite(R_PWM4, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера R_PWM
    analogWrite (EN4, 255 ); // Устанавливаем 100% ШИМ на входах драйвера L_EN и R_EN
}
```

Движение по диагонали

Движение по диагонали осуществляется при одновременном вращении колес, находящихся в противоположных углах платформы

```
//////////////////////////////////// Движение по диагонали назад вправо////////////////////////////////////
void backright () {
  ////////////////////////////////////// Мотор Front Left////////////////////////////////////
  digitalWrite(L_PWM4, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера L_PWM
  digitalWrite(R_PWM4, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера R_PWM
  digitalWrite(EN4, HIGH); // Эта функция выполнит те же действия что и функция analogWrite(EN, 255);

  ////////////////////////////////////// Мотор Rear Right //////////////////////////////////////
  digitalWrite(L_PWM2, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера L_PWM
  digitalWrite(R_PWM2, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера R_PWM
  digitalWrite(EN2, HIGH); // Эта функция выполнит те же действия что и функция analogWrite(EN, 255);
}

//////////////////////////////////// Движение по диагонали назад влево////////////////////////////////////
void backleft () {
  ////////////////////////////////////// Мотор Front Right////////////////////////////////////
  digitalWrite(L_PWM1, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера L_PWM
  digitalWrite(R_PWM1, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера R_PWM
  analogWrite (EN1, 255 ); // Устанавливаем 100% ШИМ на входах драйвера L_EN и R_EN

  ////////////////////////////////////// Мотор Rear Left////////////////////////////////////
  digitalWrite(L_PWM3, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера L_PWM
  digitalWrite(R_PWM3, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера R_PWM
  analogWrite (EN3, 255 ); // Устанавливаем 100% ШИМ на входах драйвера L_EN и R_EN
}

//////////////////////////////////// Движение по диагонали вперед влево //////////////////////////////////////
void forwardleft () {
  ////////////////////////////////////// Мотор Front Left////////////////////////////////////
  digitalWrite(L_PWM4, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера L_PWM
  digitalWrite(R_PWM4, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера R_PWM
  digitalWrite(EN4, HIGH); // Эта функция выполнит те же действия что и функция analogWrite(EN, 255);

  ////////////////////////////////////// Мотор Rear Right //////////////////////////////////////
  digitalWrite(L_PWM2, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера L_PWM
  digitalWrite(R_PWM2, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера R_PWM
  digitalWrite(EN2, HIGH); // Эта функция выполнит те же действия что и функция analogWrite(EN, 255);
}

//////////////////////////////////// Движение по диагонали вперед вправо //////////////////////////////////////
void forwardright() {
  ////////////////////////////////////// Мотор Front Right////////////////////////////////////
  digitalWrite(L_PWM1, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера L_PWM
  digitalWrite(R_PWM1, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера R_PWM
  digitalWrite(EN1, HIGH); // Эта функция выполнит те же действия что и функция analogWrite(EN, 255);

  ////////////////////////////////////// Мотор Rear Left////////////////////////////////////
  digitalWrite(L_PWM3, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера L_PWM
  digitalWrite(R_PWM3, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера R_PWM
  digitalWrite(EN3, HIGH); // Эта функция выполнит те же действия что и функция analogWrite(EN, 255);
}
```


Движение вправо/влево

Для движения платформы вправо необходимо вращать колеса с правой стороны друг на друга, а с левой – друг против друга. Движение влево осуществляется аналогично.

```
////////// Движение вправо //////////
void right(){
    ////////// Мотор Front Left//////////
    digitalWrite(L_PWM4, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера L_PWM
    digitalWrite(R_PWM4, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера R_PWM
    analogWrite (EN4, 255 ); // Устанавливаем 100% ШИМ на входах драйвера L_EN и R_EN

    ////////// Мотор Rear Left//////////
    digitalWrite(L_PWM3, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера L_PWM
    digitalWrite(R_PWM3, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера R_PWM
    digitalWrite(EN3, HIGH); // Эта функция выполнит те же действия что и функция analogWrite(EN, 255);

    ////////// Мотор Front Right//////////
    digitalWrite(L_PWM1, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера L_PWM
    digitalWrite(R_PWM1, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера R_PWM
    digitalWrite(EN1, HIGH); // Эта функция выполнит те же действия что и функция analogWrite(EN, 255);

    ////////// Мотор Rear Right //////////
    digitalWrite(L_PWM2, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера L_PWM
    digitalWrite(R_PWM2, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера R_PWM
    analogWrite (EN2, 255 ); // Устанавливаем 100% ШИМ на входах драйвера L_EN и R_EN
}

////////// Движение влево //////////
void left(){
    ////////// Мотор Front Left//////////
    digitalWrite(L_PWM4, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера L_PWM
    digitalWrite(R_PWM4, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера R_PWM
    digitalWrite(EN4, HIGH); // Эта функция выполнит те же действия что и функция analogWrite(EN, 255);

    ////////// Мотор Rear Left//////////
    digitalWrite(L_PWM3, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера L_PWM
    digitalWrite(R_PWM3, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера R_PWM
    analogWrite (EN3, 255 ); // Устанавливаем 100% ШИМ на входах драйвера L_EN и R_EN

    ////////// Мотор Front Right//////////
    digitalWrite(L_PWM1, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера L_PWM
    digitalWrite(R_PWM1, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера R_PWM
    analogWrite (EN1, 255 ); // Устанавливаем 100% ШИМ на входах драйвера L_EN и R_EN

    ////////// Мотор Rear Right //////////
    digitalWrite(L_PWM2, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера L_PWM
    digitalWrite(R_PWM2, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера R_PWM
    digitalWrite(EN2, HIGH); // Эта функция выполнит те же действия что и функция analogWrite(EN, 255);
}
```


Вращение

Чтобы вращать платформу необходимо направить колеса с одной стороны вперед, а с другой – назад.

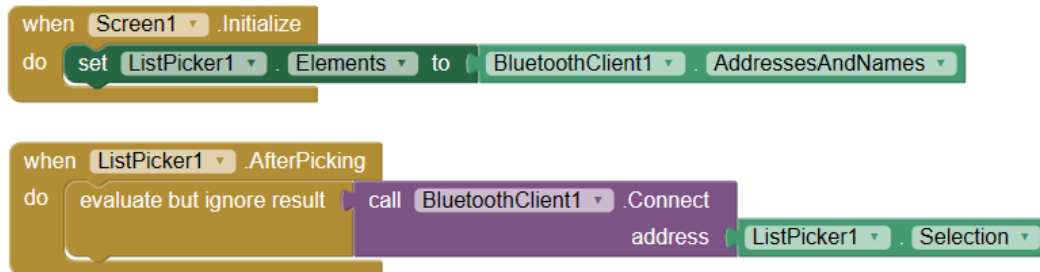
```
////////// Вращение вправо //////////  
void superright(){  
    ////////// Мотор Rear Left //////////  
    digitalWrite(L_PWM3, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера L_PWM  
    digitalWrite(R_PWM3, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера R_PWM  
    analogWrite (EN3, 255 ); // Устанавливаем 100% ШИМ на входах драйвера L_EN и R_EN  
  
    ////////// Мотор Front Left //////////  
    digitalWrite(L_PWM4, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера L_PWM  
    digitalWrite(R_PWM4, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера R_PWM  
    analogWrite (EN4, 255 ); // Устанавливаем 100% ШИМ на входах драйвера L_EN и R_EN  
  
    ////////// Мотор Front Right //////////  
    digitalWrite(L_PWM1, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера L_PWM  
    digitalWrite(R_PWM1, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера R_PWM  
    digitalWrite(EN1, HIGH); // Эта функция выполнит те же действия что и функция analogWrite(EN, 255);  
  
    ////////// Мотор Rear Right //////////  
    digitalWrite(L_PWM2, HIGH); // Устанавливаем логическую 1 на входе драйвера L_PWM  
    digitalWrite(R_PWM2, LOW ); // Устанавливаем логический 0 на входе драйвера R_PWM  
    digitalWrite(EN2, HIGH); // Эта функция выполнит те же действия что и функция analogWrite(EN, 255);  
}
```

Приложение

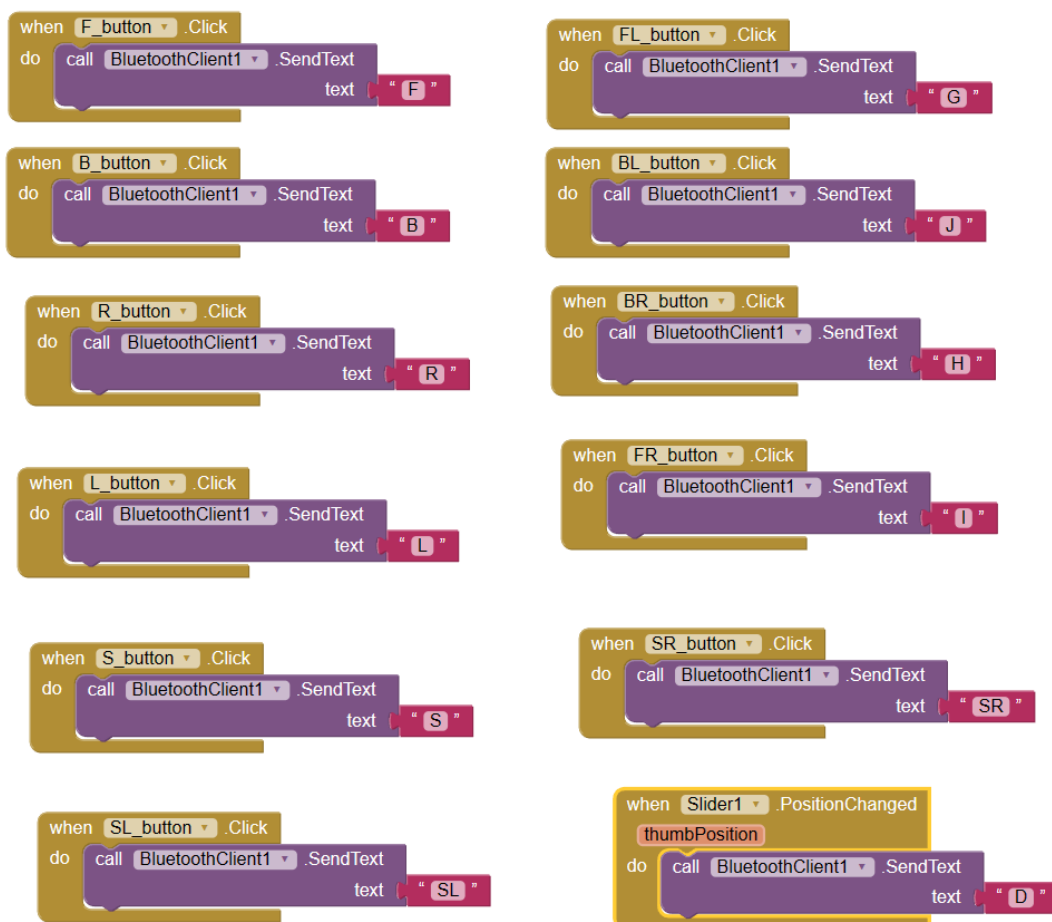
Мобильное приложение было написано с помощью программы MIT APP INVENTOR, которая позволяет легко расположить элементы интерфейса. Программирование осуществляется с помощью готовых блоков.

Программирование кнопок

Основной При нажатии на кнопку “Bluetooth” появляется список с устройствами, доступными для подключения.



При нажатии на кнопку Bluetooth модулю отправляется текстовый сигнал, который плата Arduino воспринимает, как команду.



После того, как плата получает сигнал, начинается выполнение команды.

```
void loop() {  
  if (Serial1.available()) {  
    command = Serial1.read();  
    if (command == 'X') {  
      state = 1;  
    } else if (command == 'x') {  
      state = 0;  
    }  
    if (command == 'B') {  
      back();  
    } else if (command == 'F') {  
      forward();  
    } else if (command == 'SR' ) {  
      superright ();  
    } else if (command == 'SL' ) {  
      superleft ();  
    } else if (command == 'R' ) {  
      right ();  
    } else if (command == 'L' ) {  
      left ();  
    } else if (command == 'G' ) {  
      forwardleft ();  
    } else if (command == 'I' ) {  
      forwardright ();  
    } else if (command == 'H' ) {  
      backright ();  
    } else if (command == 'J' ) {  
      backleft ();  
    } else if (command == 'S'){  
      stopRobot();  
    }  
  }  
}
```

Расчёт коэффициента буксования

Буксование — относительное перемещение двух взаимодействующих тел, сопровождаемое их деформацией и взаимным скольжением поверхностей соприкосновения. В нашем случае такими телами служат колесо и поверхность (грунт, дорога), а место их взаимодействия — площадь, ограниченная пятном контакта протектора с почвой.

Буксование изучают потому, что оно снижает поступательную скорость колеса и требует затрат энергии (топлива) на свое осуществление, а также оказывает вредное воздействие на выбранную поверхность, сминая и разрушая ее структуру, и вызывает износ шин.

Коэффициент буксования — это коэффициент продольного скольжения колеса при буксовании. Он характеризует скольжение шины в пятне контакта в сторону, обратную направлению движения.

Коэффициент буксования может характеризовать объект, например транспортное средство, показывая, насколько колесо или колёса не могут обеспечить достаточное сцепление с дорожным покрытием, что приводит к затруднённому движению или полному его отсутствию.

Также этот показатель может использоваться для оценки проходимости и подвижности машины с учётом физико-механических свойств грунта.

Величину буксования принято выражать в частях или в процентах.

Коэффициент буксования можно рассчитать по такой формуле

$$S_n = 1 - \frac{v_f}{\omega_{kn} \times r_k}$$

где v_f - фактическая скорость поступательного движения оси колеса, ω_{kn} - угловая скорость колеса, r_k - радиус колеса, который, чаще всего, принимают по грунтозацепам, $n = 1, 2 \dots n$ — порядковый номер колеса, n — количество колес.

Нахождение значений и их подстановка

Для того чтобы получить значение коэффициента буксования было необходимо узнать такие величины: фактическая скорость поступательного

движения оси колеса, радиус колеса, угловая скорость колеса. Для последней из них пришлось применить датчик измерения угловой скорости.

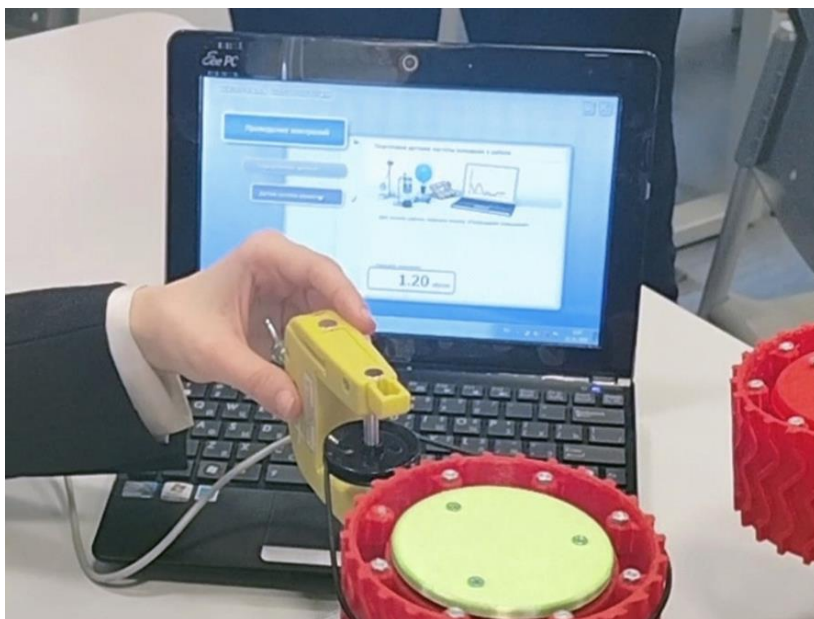


Рисунок – измерение угловой скорости

Значения были установлены и подставлены в формулу. Результат составил 0.242 что полностью соответствует ожиданиям.

Перспективы в работе над проектом

По окончании сборки модели планируется разработать и подсоединить специальный кран, с помощью которого аппарат сможет брать образцы грунта, а также выполнять его химический анализ. Данные функции помогут узнать для чего и каким образом можно использовать ту или иную местность.

Заключение

По итогам выполненной работы удалось создать действующую модель Планетохода, управляемую с телефона и способную определять погодные условия. Модель обладает высокой проходимостью благодаря специальному

строению. Был рассчитан коэффициент буксования который составил всего лишь 0,242.

Литература

1. <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=579036>
2. ПЛАНЕТОХОДЫ под редакцией профессора А. Л. Кемурджиана 2-е издание, переработанное и дополненное Москва «Машиностроение» 1993
3. Е. В. АВОТИН, И. С. БОЛХОВИТИНОВ, А. Л. КЕМУРДЖИАН, М. И. МАЛЕНКОВ, Ф. П. ШПАК ДИНАМИКА ПЛАНЕТОХОДА