



## Всероссийская конференция

«Юные техники и изобретатели» в Государственной Думе ФС РФ

Научно – исследовательский технический проект:

«Вездеход – разведчик для пилотируемого экспедиционного марсохода»



Автор: *Мурзин Павел Сергеевич*, 10 класс  
Муниципальное образовательное учреждение  
дополнительного образования детей  
«Центр детского творчества» ЯНАО, г. Надым  
Научный руководитель: *Баранов Павел Алексеевич*,  
педагог дополнительного образования  
Муниципальное образовательное учреждение  
дополнительного образования детей  
«Центр детского творчества», г. Надым

«Вездеход – разведчик для пилотируемого экспедиционного марсохода  
Автор: Мурзин Павел, 10 класс, учебное объединение «Спортивная робототехника»  
ЯНАО, г. Надым, МОУ ДОД «Центр детского творчества»

## Краткая аннотация

В данной работе авторами предпринята попытка **разработать вездеход** – **разведчик**, предназначенный для проведения исследований **Марса**. Основное **назначение** - **двигаться впереди базового пилотируемого экспедиционного марсохода**, в котором находятся **астронавты** и исследовать путь следования. **Вездеход** может преодолевать трещины, возвышенности, небольшие пропасти, куда не может пройти **базовый марсоход**, и брать там пробы поверхности. **Вездеход - разведчик** может **управляться дистанционно астронавтами** с базовой станции и **автоматически выполнять часть функций**. **Вездеход** имеет симметричное построение, что позволяет ему одинаково двигаться взад и вперед. **Ходовая часть** построена на **8 - и ведущих колесах и 2- х ведомых колесах**. **Вездеход** оснащен: **4-я солнечными панелями, 2-я видеокамерами и 2-я устройствами для забора проб из грунта**.

Mars rover the robot - the scout  
the Author: Murzin Pavel, educational association «Sport Robotics»  
YNAO, Nadym, «the Center of children's creativity»

### **The short summary**

In the given work as the author attempt to develop a mars rover the robot - the scout intended for carrying out of researches of Mars is undertaken. The robot basic purpose - to move ahead of a base piloted forwarding mars rover in which there are astronauts, and to investigate a transit. The robot - a mars rover can work independently or to cope дистанционно astronauts from base station. The basic essence of working out consists in possibility to "step" over a precipice, i.e. the robot can reconnoiter those places where cannot take place a base mars rover. The robot has symmetric construction that allows it to move equally back and forth. The running gear is constructed on 4 - x leading caterpillars and 4 - x wheels. The robot - the scout is equipped: solar panels, 2nd videocameras and 2nd devices for a fence of tests from a ground.

## Аннотация

В последние годы в очередной раз активизировались исследования **Марса**. Так как количество и объём разработок по исследованию **Марса** очень велик, то в рамках настоящего научно-исследовательского проекта представлена собственная разработка дистанционно управляемого **вездехода – разведчика** для базового **пилотируемого экспедиционного марсохода (ПЭМа)**. Основная сфера применения ПЭМов - это экспедиции комплексного исследования Марса с особым упором на поисковые и геологоразведочные работы. Для безопасности передвижения ПЭМа по поверхности Марса и выполнения геологоразведочных работ в труднодоступных местах рекомендуется использовать вездеход - разведчик. Он должен представлять собой компактное транспортное средство, следующее на небольшом удалении (50 — 100 м) впереди ПЭМа. **Вездеход - разведчик** должен управляться астронавтами из кабины ПЭМа дистанционно. И в то же время, он должен обладать **необходимой автономией**, т.е. часть функций выполнять автоматически. Для приёма и передачи информации (видео и т.д.) от лидера к ПЭМу и обратно должна быть обеспечена надёжная связь. **Вездеход - разведчик** должен иметь **автономное энергоснабжение** (от солнечных батарей и собственного аккумулятора). Одной из **важнейших задач** такого вездехода должна быть **высокая проходимость в труднодоступные места** (возвышенности, трещины, кратеры), куда не может пройти пилотируемый экспедиционный марсоход, и брать геологические пробы в таких местах. Для того, чтобы осуществить собственный проект по разработке вездехода разведчика для ПЭМа, была поставлена **цель**:

***Сконструировать полуавтоматический вездеход – разведчик с дистанционным управлением для пилотируемого экспедиционного марсохода и изготовить его модель.***

Исходя из цели, были поставлены следующие **задачи**:

- изучить с помощью СМИ, Интернета и других литературных источников материалы по исследованию Марса, использовавшиеся и предлагающиеся разработки марсоходов и других транспортных средств передвижения по поверхности планет Солнечной системы.
- изучить техническую литературу, позволяющую выполнить данный проект;
- разработать общую конструкцию вездехода, его энергоснабжение, средства связи и управления, механику ходовой части и соответствующие электронные схемы;
- изготовить действующую модель.

## Оглавление

### Научная статья

1. Введение-----	стр.1-4
2. Теоретическая часть-----	стр.4-8
3. Техническая часть-----	стр.8
3.1. Устройство и общий вид робота – разведчика-----	стр.8-9
3.2. Ходовая часть вездехода-----	стр.10
3.3. Устройство и работа электронных схем-----	стр.11-13
4. Заключение-----	стр.14
5. Список использованной литературы-----	стр.15

### Приложение I

«Вездеход – разведчик для пилотируемого экспедиционного марсохода»  
Автор: Мурзин Павел, 10 класс, учебное объединение «Спортивная робототехника»  
ЯНАО, г. Надым, МОУ ДОД «Центр детского творчества»

## Научная статья

### 1. Введение

Ни в одной стране мира строительство планетоходов не было поставлено на такую широкую ногу, как в СССР, и ни одна страна не добилась в этом таких успехов. Первый планетоход, **Луноход-1** (рис.1), был доставлен на поверхность Луны 17.11.1970 года автоматической межпланетной станцией Луна-17. Проработал до 14. 10. 1971 года. За это время проехал 10 540 м, передал на Землю 211 лунных панорам и 25 тысяч фотографий.

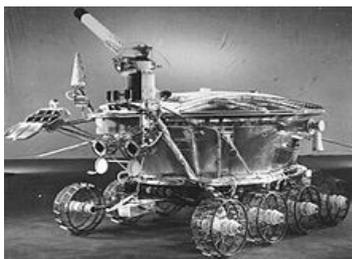


Рис.1



Рис.2

Второй советский луноход (рис.2) был доставлен на поверхность Луны 16. 01.1973 года автоматической межпланетной станцией Луна-21. Аппарат проработал около 4-х месяцев, и было получено 86 панорам и более 80 тысяч телевизионных снимков.

В 1971 году **советские марсоходы** были отправлены на Марс межпланетными станциями **«Марс-2»** и **«Марс-3»**. Аппарат «Марс-2» разбился при посадке, а «Марс-3» проработал 20 сек.

**Впервые совершил посадку** на **Марсе** 4.06.1997 года аппарат **«Марс Патфайндер»**. Он доставил аппарат **«Соджонер»** (рис.3). За время своей работы (конца сентября 1997г.) он сделал и передал 550 фотографий и более 15 раз провел химический анализ марсианских камней и грунта.



Рис.3



Рис.4

Посадочный модуль со «Спиритом» (рис.4) совершил посадку на Марсе 4 января 2004 года, модуль с «Оппортьюнити» (рис.4) - 25 января 2004 года **Spirit** вышел из строя в 2011 году. **Opportunity** трудится на Красной планете до сих пор. **6 августа 2012года** на поверхность Марса был опущен новый марсоход. Стадия «приземления» происходила автоматически (время радиосигнала от **Марса** до **Земли** составляет **14 минут** и управлять аппаратом в режиме онлайн технически невозможно).



Рис.5



Рис.6

«**Curiosity**» (рисунки 5-6) не только самый крупный **марсоход**, который был когда-либо высажен на поверхность **Марса** (его масса около 900 килограммов, из которых 80 – научное оборудование), но и самый сложный. Аппарат должен помочь дать ученым ответ на вопрос, существовала ли на Красной планете когда-либо жизнь и возможно ли ее зарождение в будущем. Марсоход возьмет пробы горных пород и попытается отыскать следы микроорганизмов. Кстати, в этом ему может помочь **нейтронный спектрометр ДАН**, который создан **российскими учеными** и расположен на марсоходе. Впрочем, помимо этого у марсохода есть и другие задачи. Всего аппарат, как рассчитывают специалисты NASA, сможет пройти от 20 до 50 километров по поверхности Красной планеты, а срок его жизни составляет теоретически до 2025 года – ровно настолько хватит радиоизотопного источника энергии на его борту.

## 2. Теоретическая часть

2.1. Все когда-либо использовавшиеся в космосе планетоходы были либо **исследовательскими**, либо **транспортными**. **Планетоходы** обладают преимуществами перед **неподвижными аппаратами**: они обследуют бóльшую территорию, могут уже в процессе работы направляться для исследования заинтересовавших учёных объектов. **Объем** космических кораблей ограничен, поэтому в конструкции планетоходов и при их укладке уделяется внимание экономии пространства. Может складываться ходовая часть планетохода или сам аппарат. На рис.7 показан марсоход «Соджонер» в сложенном виде.



Рис.7

**Основными** частями любого транспортного средств являются его **ходовая и движительная части**. За все это время разрабатывались и проходили испытания множество различных по своей конструкции и способу передвижения ходовые части транспортных средств. Например: **рооторно-винтовые**, напоминающие положенные на бок гигантские штопоры. В земных условиях они прекрасно зарекомендовали себя на снегу и заболоченных грунтах. На сухой же почве основную долю потерь составляли затраты на трение и этот движитель не удовлетворял требованиям легкости

конструкции и износостойкости. Прыгающий движитель имеет преимущество в условиях гравитации, в десятки и сотни раз ниже земной, но он нелегок в управлении. Шагающий механизм оказался чрезвычайно сложным в реализации и управлении. По этой же причине забракован и экзотический вариант шагающего движителя – кувыркающийся. Из реальных вариантов осталось только два – гусеницы и колеса. Самыми распространенными наземными и космическими средствами передвижения являются колесные и гусеничные. Они обладают рядом **преимуществ** и **недостатков**. **Гусеничный движитель** требует больше энергозатрат на перемещение. **Колесные движители** потребляют меньше энергии и способны **передвигаться с большей скоростью**, но **проигрывают** гусеничным в **проходимости**. **Преимуществом колесных** планетоходов является большой КПД, годность к эксплуатации на разных типах грунтов, возможность отключения некоторых колес, более простая конструкция. **Гусеницы** же оказывают более низкое давление на грунт и обеспечивают меньшую массу шасси при равной проходимости. В последнее время при проектировании движущихся планетоходов используется четырёхгусеничная ходовая часть. Существуют так же комбинированные колесно – гусеничные конструкции, в которых сочетаются преимущества и недостатки как гусеничных, так и колесных ходовых частей.

2.2. Для обеспечения безопасности передвижения **пилотируемого экспедиционного марсохода** по поверхности Марса мы предлагаем использовать полуавтоматический **вездеход - разведчик**, следующий на небольшом удалении (50 — 200 м) впереди ПЭМа. Конструктивно **вездеход - разведчик** выполняется в виде полуавтоматического **колесного шасси** с удельным давлением на грунт, соответствующим удельному давлению ПЭМа. Вездеход может управляться из кабины ПЭМа дистанционно, но и в то же время он может двигаться автоматически, преодолевая подъемы,

препятствия, трещины и не большие пропасти. Во время движения в ПЭМе находятся **два астронавта**. Один из них **управляет ПЭМом, другой вездеходом**, причём оба водительских места полностью оснащаются для возможности выполнения обеих функций. В частности, должны быть предусмотрены два монитора высокой чёткости, получающих изображения с - видеокамер вездехода. У каждого **астронавта** должен быть **шлем (очки) виртуальной реальности** для бинокулярного восприятия окружающей обстановки, а на **вездеходе разведчике** — **парный комплект видеокамер**, управляемых сенсорами на шлеме водителя. Кроме того, на вездеходе следует установить следующее **оборудование и агрегаты**: аккумуляторы для автономного функционирования; две солнечных управляемых панели для подзарядки аккумуляторов; вибратор и сонар микросейсмозондирования (на ходу); ультразвуковой излучатель и ультразвуковой сонар (мониторинг структуры почвы); портативный лазерный спектрограф (прототип на станции «Фобос»), дистанционно управляемый астронавтом на ПЭМе; два манипулятора для забора грунта; ёмкость с набором контейнеров для сбора образцов грунта; управляющий компьютер; два выдвижных кресла для обеспечения возможного передвижения с пассажирами в режиме прямого ручного управления. Для **приёма и передачи информации (видео и т.д.)** от вездехода к ПЭМу и обратно должна быть обеспечена надёжная связь. Рекомендуется использовать **оптико-волоконные каналы в универсальном кабеле**. Такой способ позволит избежать искажений при передаче сигнала и максимально увеличить объём передаваемой информации. В частности, это даёт возможность на мониторах ПЭМа реализовать концепцию высокой чёткости и бинокулярного отображения в системе виртуальной реальности. Кроме кабеля, для связи с лидером в качестве резерва должна быть предусмотрена радиосвязь. **Универсальный кабель** от ПЭМа к вездеходу, кроме информационной, должен выполнять

следующие функции: **силовую и энергетическую**. Силовая составляющая кабеля (центральный трос) при неожиданном сваливании вездехода в глубокий марсианский кратер или при проваливании в скрытую наносами трещину позволит ПЭМу удержать его на весу с последующим извлечением автоматической лебёдкой. Важно то, что **масса вездехода почти на два порядка меньше массы ПЭМа**. При невозможности извлечения вездехода (из трещины) он должен автоматически отсоединиться (отстреливаться). Энергетическая составляющая кабеля обеспечивает **постоянное энергопитание (и подзарядку аккумуляторов)** вездехода от ПЭМа. Автономное энергопитание вездехода (от собственных аккумуляторов или от солнечных панелей) должно осуществляться, в частности, в нештатной или чрезвычайной ситуации, когда необходимо перевезти экипаж терпящего бедствие ПЭМа (2 человека) до убежища. В этом случае выдвигаются кресла, экипаж размещается на них, производится отсоединение кабеля, и вездеход выполняет функции транспортера, используемого американцами в пилотируемых экспедициях на Луне.

**2.3.** Так как в данном марсоходе - разведчике применена (ранее никем не предлагающаяся) необычная раздвигающаяся конструкция, предназначенная для преодоления больших трещин и провалов, то нужно показать **теоретически**, что такая конструкция позволяет это сделать. В сложенном состоянии (рис.8) система двух тел, соединенных между собой имеет общий центр масс, который можно рассчитать по формуле:  $r = (m_1r_1 + m_2r_2)/(m_1+m_2)$ .

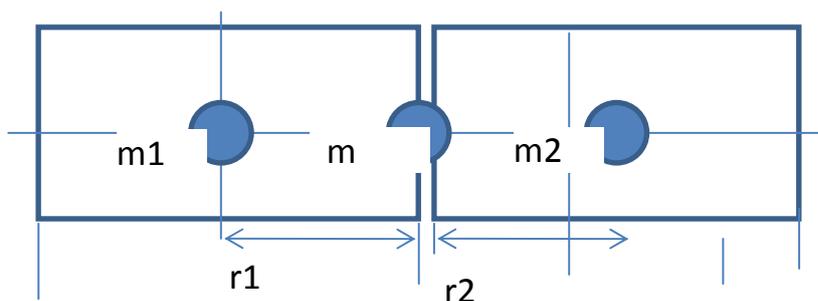


Рис. 8

При раздвигании происходит симметричное изменение положения отдельных частей, но общий центр масс не изменяет своего положения. Это следует из **закона движения центра масс**. **В инерциальных системах отсчета центр масс системы движется как материальная точка, в которой находится масса всей системы и на которую действует сила, равная геометрической сумме всех внешних сил, действующих на систему.** Центр масс такой движущейся системы вычисляется по аналогичной формуле:  $X_c = \sum (m_i x_i) / \sum (m_i)$ . Отсюда следует, что наша раздвижная система конструкции вездехода будет находиться в равновесии (не опрокинется и не свалится в пропасть) только в том случае, если общий центр масс будет находиться не далее, чем на краю обрыва. Значит, предлагаемая конструкция, сможет перешагнуть расстояние, которое ограничивается размерами выдвигного шасси.

### 3. Техническое описание и электронные схемы

#### 3.1. Устройство и общий вид работа – разведчика.

Марсоходы доставляются на объект исследования космическими кораблями и работают в условиях, сильно отличающихся от земных. Это вызывает некоторые специфические требования к их устройству. Модель, предлагаемой разработки вездехода - разведчика, изготовлена из легкой пластмассы и алюминия (корпуса от старых СД-ромов). В сложенном виде она имеет небольшие размеры (Приложение I). На рис.8 показан эскиз вездехода в раздвинутом состоянии, которое используется для перешагивания трещин и небольших пропастей. Корпус вездехода состоит из двух одинаковых частей – половинок (причем их вес абсолютно одинаков), которые симметричны и соединены между собой шарниром, что позволяет им в зависимости от рельефа поверхности изгибаться

относительно друг друга. Это позволяет без особых усилий взбираться с горизонтальной поверхности на гору и наоборот. Каждая из частей (половинок) вездехода состоит из неподвижного шасси с шестью колесами и выдвижного шасси с двумя колесами. Ведущее колесо соединяется с мотором через редуктор, т.е. каждое колесо является ведущим. Колеса неподвижных шасси служат для большей устойчивости вездехода и не являются ведущими, так как в этом нет необходимости. Если на пути следования вездехода возникнет трещина, то он остановится и датчики, расположенные спереди выдвижных шасси, включат электродвигатели, которые раздвинут шасси и он «перешагнет» через трещину. Когда вездеход полностью переедет трещину, повторно сработают датчики, которые включат двигатели, и шасси сдвинутся внутрь неподвижных шасси. Сверху корпус покрыт солнечными панелями, справа и слева в раскрытом виде расположены еще две солнечные панели, которые могут складываться для уменьшения размеров при транспортировке. Сверху на передней и задней части расположены две видеокамеры для обзора местности и передачи изображения на пилотируемый экспедиционный марсоход, который должен двигаться сзади. Спереди (и внутри) выдвижных шасси установлены две выдвижные стрелы с механическими захватами для забора проб из грунта. Внутри неподвижных шасси размещены блоки с электронными схемами устройств автоматики и драйверов сервомоторов, передатчика и приемника радиуправления. Движением вездехода-разведчика управляют астронавты, находящиеся в базовом марсоходе.

### 3.2. Ходовая часть вездехода.

На рис.9 представлена блок - схема ходовой части вездехода - разведчика.

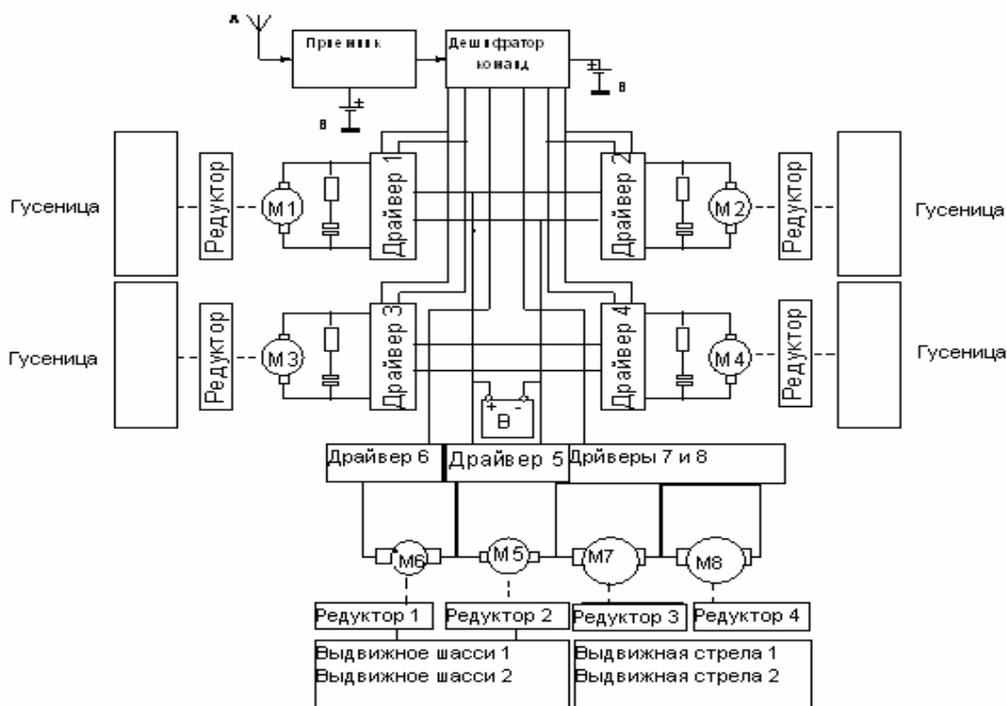


Рис.9

Ходовая часть вездехода имеет колесную конструкцию. Состоит из: неподвижного шасси на котором расположено шесть колес и двух раздвижных шасси, на которых расположены по два колеса (4 электромотора с редукторами). Выдвижные шасси и стрелы с захватом приводятся в движение с помощью небольших электродвигателей с редукторами. Длину раздвижного шасси можно увеличить до определенного размера, если их сделать телескопическими (наподобие выдвижных стрел подъемных кранов), что позволит преодолевать пропасти больших размеров. Почему выбрана именно такая конструкция вездехода - разведчика, позволяющая перешагивать трещины и небольшие пропасти? Когда раздвигаются оба выдвижных шасси, центр тяжести

вездехода не смещается и находится на грунте с левой стороны пропасти, по этому, когда переднее шасси повиснет над пропастью, не произойдет опрокидывания. Величина перешагивания пропасти ограничена суммой длин правых (или левых) неподвижного и выдвижного шасси. Вот почему есть смысл делать выдвижные шасси телескопическими.

### 3.3. Устройство и работа электронных схем.

Электронная часть вездехода состоит из: шифратора команд, передатчика сигналов, приемника сигналов, дешифратора команд и драйверов для управления электродвигателями, блока автоматики с датчиками обнаружения препятствий для автоматического включения и выключения электродвигателей выдвижных шасси. **Передатчик** (рис.10) построен на микроконтроллере PIC16C84, транзисторах VT1 (задающий генератор) и VT2 (выходной усилитель передатчика). Для приема входного сигнала и обеспечения безопасности, импульс на передатчик подается через оптрон.

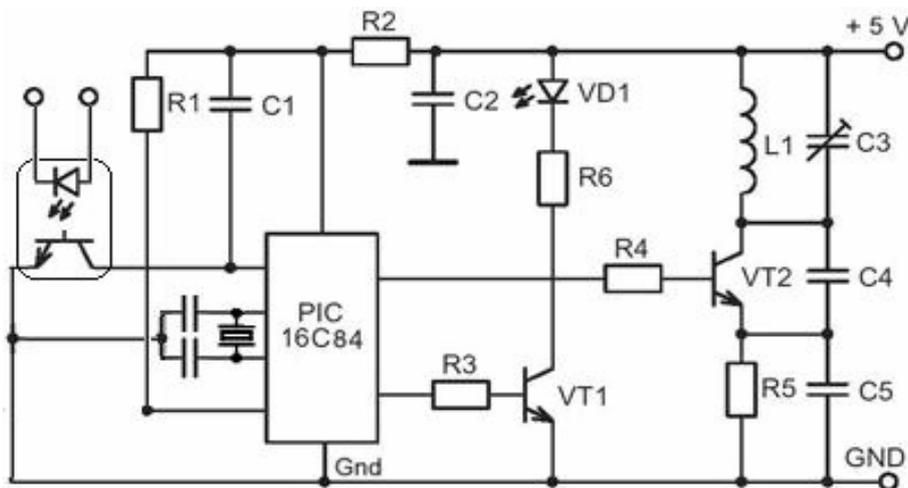


Рис.10

Приемник сигналов (рис.11) отцифровывает полученные от передатчика импульсы и передает на дешифратор. Приемник состоит из усилителя высокой частоты на транзисторе VT1, детектора приемных сигналов на транзисторе VT2, усилителя протектированных сигналов на операционном усилителе DA1.1и DA1.2 и микроконтроллера PIC18F2550.

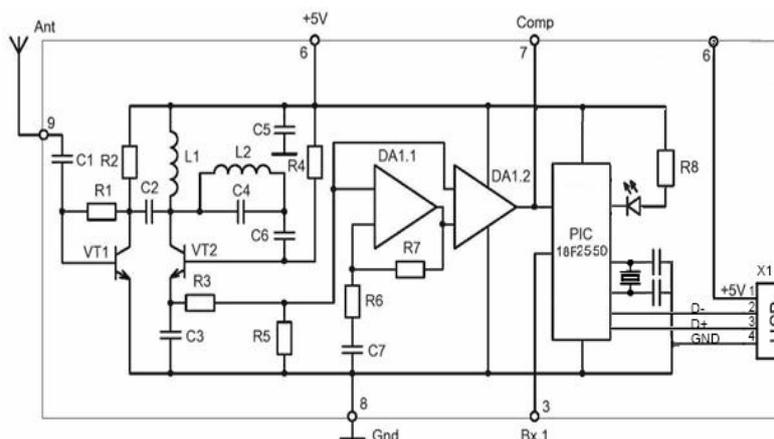


Рис.11

Схема шифратора команд представлена на рис.12. Микроконтроллер DD1 PIC12F675 работает по программе. Для подачи команд служат выключатели K1 – K8 пульты дистанционного управления, с помощью которых подаются команды на входы GP0, GP1, GP4, GP5. Резистор R1 подключен к выходу GP3–MKLR. Резисторы R2–R6-защитные. Сформированный цифровой сигнал с выхода GP2 микроконтроллера поступает на модулятор передатчика. Если какая - либо из кнопок пульта нажата, этот уровень появится на выходе GP2.

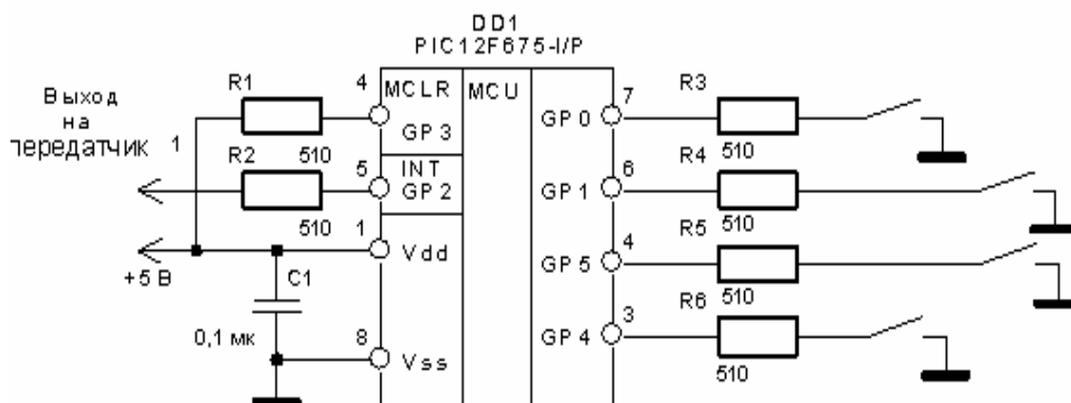


Схема дешифратора команд представлена на рис.13. Сигнал, преобразованный приемником в электрический, поступает на вход GP2 (выв.5) микроконтроллера DD1 PIC12F675.

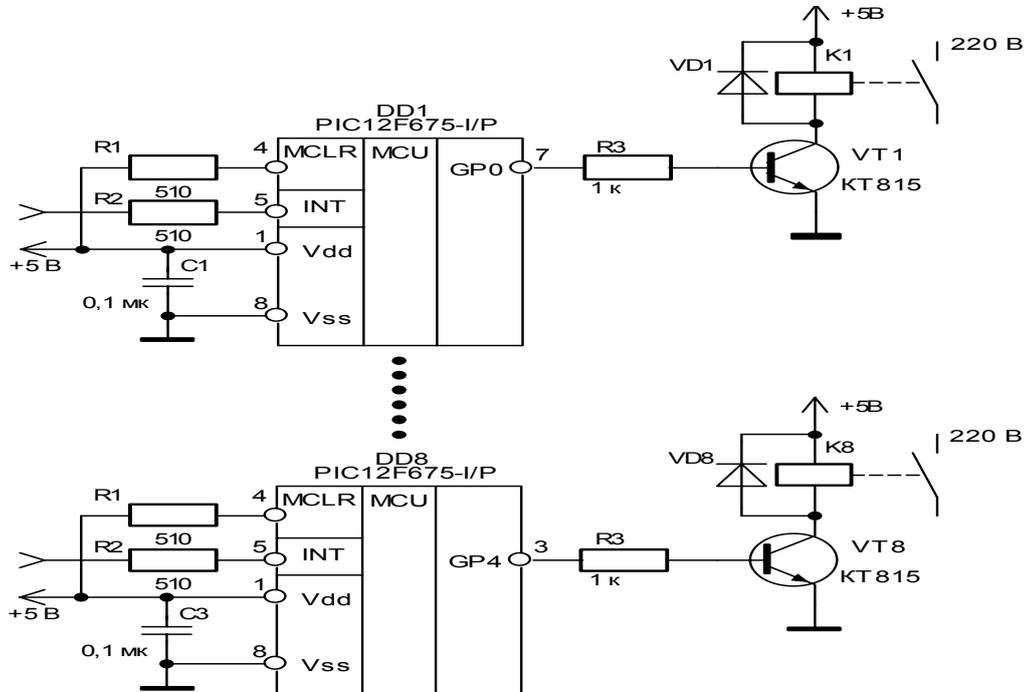


Рис.13

#### 4. Заключение

В данной работе автором предпринята попытка разработать вездеход – разведчик, предназначенный для проведения исследований **Марса**. Основное **назначение вездехода** - двигаться впереди базового **пилотируемого экспедиционного марсохода**, в котором находятся **астронавты** и исследовать путь следования. Так же он может преодолевать трещины и небольшие пропасти, возвышенности, куда не может пройти базовый марсоход и брать там пробы. **Вездеход** может управляться дистанционно (как по **проводной** связи через оптический кабель, так и по **беспроводной** связи через передатчик и радиоприемник) астронавтами с базовой станции и автоматически выполнять часть функций. Основным изобретением автора для данного вездехода, является **разработка двух выдвижных шасси для перешагивания** трещин и небольших пропастей, экономии пространства на космическом корабле. Так же заслуживает внимания предложение **использования шарнира** для соединения двух симметричных частей вездехода с целью обеспечения гибкости и возможности подъема на возвышенность и спуска в кратер. Все электронные схемы стандартные, но их можно реально применить не только в модели, но и в настоящем марсоходе.

### Список использованной литературы

1. Алгин Б. Е. Кружок электронной автоматики.- М.: Просвещение, 1998
2. Богатырев А.Н. Радиотехника, автоматика и элементы ЭВМ. – М.: Просвещение, 2002
3. Борисов В.Г. и др. Справочник радиолюбителя – конструктора.- М.: Радио и связь,1995
4. Васильченко М.Е., Дьяков А.В. Радио - любительская телемеханика. М., Радио и связь.2003
5. Отрященко Ю.М. Юный кибернетик. – М.: Солон, 2001
6. Предко Майк Устройства управления роботами. М., ДМК, 2005
7. Шелестов М. П. Радиолюбительские полезные схемы. - М.: Солон, 2004.

Приложение 1

