

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ»  
ПО ПРОФИЛЮ «ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО»

39947

*регистрационный номер*

Секция: Робототехнические системы (СМ7)

*название секции*

Разработка модели робота-спасателя для работы в опасных для человека условиях

*название работы*

Автор:

Куртеев Артём Александрович

*фамилия, имя, отчество*

ОГАОУ «Шуховский лицей» города Белгорода, 8 класс

*наименование учебного заведения, класс*

Научный руководитель:

Чашина Наталия Николаевна

*фамилия, имя, отчество*

Белгородский региональный детский технопарк «Кванториум»

ГБУ ДО БелОЦД(Ю)ТТ

*место работы*

Педагог дополнительного образования

*звание, должность*



*подпись научного руководителя*

Москва - 2024

## Аннотация

В любой сфере деятельности невозможно полностью избежать чрезвычайных ситуаций, поэтому необходимо развивать аварийно-спасательные службы. Внедрение в них роботов значительно повышает их продуктивность, что позволяет повысить безопасность людей. Для решения обозначенной проблемы было решено создать модель робота, конструкционные особенности которого могли бы применяться в настоящих роботах-спасателях. Польза подобных роботов заключается в замене человека в опасных для него процессах и повышении продуктивности работы экстренных служб.

При работе над проектом была изучена информация об истории роботов на дистанционном управлении и существующих роботах, применяемых в условиях чрезвычайных ситуаций, разработана конструкция и написана программа. Конструкция и электроника робота была рассчитана с помощью физических формул. Колёсная база собрана с помощью конструктора «Tetrix», в качестве электроники использованы компоненты Arduino и совместимые с ними электронные детали, программа написана в Arduino IDE. Основным отличием от существующих аналогов является колёсная база (а не гусеничная). Данное решение значительно повышает ремонтопригодность робота, делая исправление поломки быстрым и легко реализуемым при любых условиях.

Результатом работы является функционирующая модель робота для работы в опасных для человека условиях. Главными отличиями проекта от аналогичных ему являются: колёсная база, система питания различных электрических систем от разных аккумуляторов и применение технологии lidar.

## Оглавление

Титульный лист.....	1
Аннотация .....	2
Оглавление.....	3
Введение.....	4
История .....	6
Изучение существующих аналогов .....	9
Мобильный робототехнический комплекс МРК-25 “Кузнечик” .....	9
МРК “Капитан” .....	10
Боевой роботизированный комплекс "Нерехта" .....	11
Мобильный РТК разведки лёгкого класса и пожаротушения МРК-РП ..	12
РТК разминирования MV-4.....	13
Создание конструкции .....	14
Используемое оборудование .....	14
Особенности конструкции .....	14
Детали .....	17
Электроника робота.....	17
Написание программы .....	22
Логика работы .....	22
Фрагменты кода .....	22
Экономическая часть .....	25
Результат проекта .....	28
Функции робота.....	30
Характеристики робота.....	30
Перспективы проекта.....	31
Используемая литература.....	32

## Введение

Технологии робототехники хорошо зарекомендовали себя во многих сферах человеческой деятельности, поэтому это направление активно развивается. Внедрение роботов в определённые процессы позволяет повышать их эффективность и увеличивает безопасность людей.

В любой сфере деятельности невозможно полностью избежать чрезвычайных ситуаций, поэтому необходимо развивать аварийно-спасательные службы. Как показала практика, лучше всего с этой задачей справляются роботы, потому что они позволяют свести угрозу жизни людей к минимуму и могут применяться в недоступных для работы человека условиях. По данным IFR, с 2001 года аварийно-спасательные роботы были успешно применены для борьбы с последствиями 37 катастроф и чрезвычайных ситуаций. Внедрение роботов в аварийно-спасательные службы значительно повышает их продуктивность, что позволяет повысить безопасность людей.

Для решения обозначенной проблемы было решено создать модель робота, обладающего повышенной проходимостью, с конструктивными особенностями, которые можно применять на практике.

Основным заказчиком роботов для обеспечения безопасности является государство. Проект разрабатывался для служб спасения и других организаций, связанных с чрезвычайными ситуациями. Польза робота будет заключаться в замене человека в опасных для него процессах и повышении продуктивности работы экстренных служб.

### Цель:

Создать модель робота, обладающего конструктивными особенностями, необходимыми для работы в чрезвычайных условиях.

**Задачи:**

- 1) Изучить существующие аналоги роботов, применяемых в этой сфере;
- 2) Определить функции будущего робота, выбрать соответствующие компоненты для сборки, рассчитать конструкцию;
- 3) Собрать конструкцию робота, подключить электронные компоненты, написать программу;
- 4) Протестировать программу на наличие багов, проверить работу робота для выявления конструкционных недоработок, исправить проблемы.

## История

Первым роботом на дистанционном управлении можно считать машину, созданную в начале XX века, сигнал к которой передавался по кабелю, однако подобный способ передачи имел много недостатков и не являлся эффективным, поэтому системы дистанционного управления активно модернизировались.

В 1938 году - на базе танка Т-26 в СССР создали комплекс ТУ-ТТ (рис. 1.1), состоящий из двух танков в паре, один из которых был обычным, а другой роботом. Оператор на ТУ (танке управления) передавал команды по радио на ТТ (телетанку). Система радиопередачи позволяла пересылать до 20 команд на расстоянии 500–1500 метров. Функционирование телетанка осуществлялась благодаря пневматике и электромеханическим реле.



Рис 1.1

История освоения космоса с помощью роботов началась в 1970 году, после высадки дистанционно управляемого планетохода «Луноход-1» (рис. 1.2). Он предназначался для изучения особенностей лунной поверхности, радиоактивного и рентгеновского космического излучения на Луне, химического состава и свойств грунта.



Рис. 1.2

10 июня 1986 - Робот «Белоярец» (рис. 1.3), разработанный для ликвидации последствий случившейся чрезвычайной ситуации был доставлен в Чернобыль. «Белоярец» – робот с бульдозерным ножом для расчистки кровли реактора и рукой для сбора и укладки в контейнеры графитовых блоков и других предметов, выброшенных из активной зоны реактора. Именно он первым из роботов начал ликвидацию последствий катастрофы.



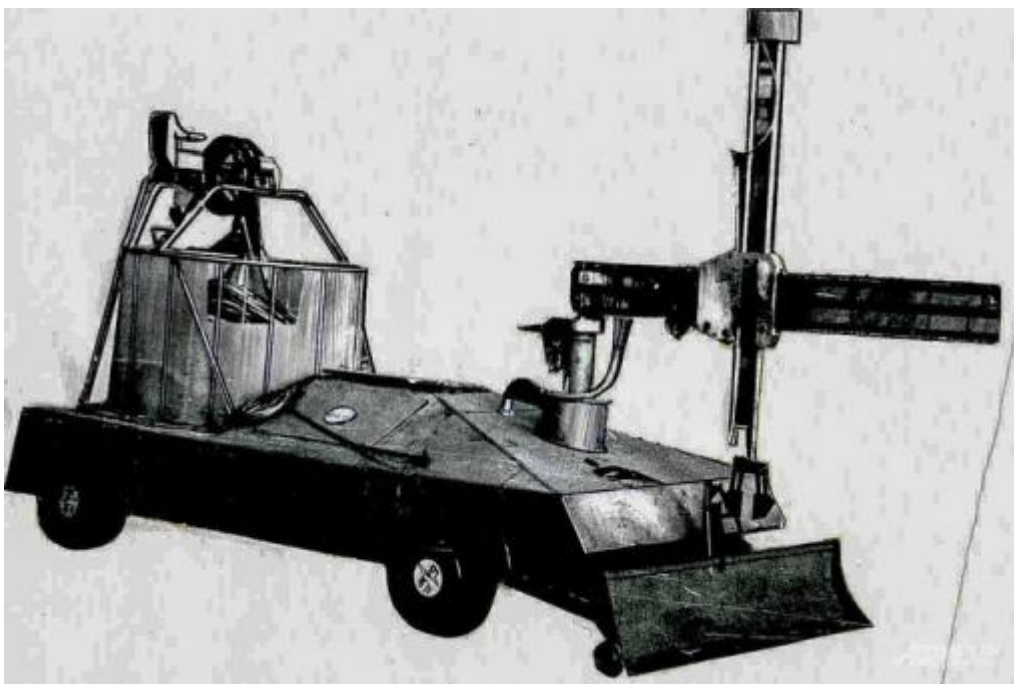


Рис. 1.3

Июль 1986 - MF-2 «Джокер» (рис. 1.4), закупленный у ФРГ, прибыл в Чернобыльскую зону. Основной задачей «джокера» была работа в зоне М, самой опасной зоне на крыше вблизи разрушенного 4 реактора, где уровни радиации достигали более 10 тысяч рентген в час.



Рис. 1.4



## Изучение существующих аналогов

### Мобильный робототехнический комплекс МРК-25

#### “Кузнечик” (рис. 2.1)



Рис. 2.1

Робот предназначен для обнаружения, распознавания, передачи информации о предметах, подозреваемых на наличие взрывного устройства, ведение борьбы с терроризмом, проведение радиационной разведки, ликвидации последствий аварий на предприятиях атомной и химической промышленности. Комплекс МРК-25 “Кузнечик” способен работать в стеснённых, труднодоступных условиях.

## МРК «Капитан» (рис. 2.2)



Рис. 2.2

Комплекс «КАПИТАН» - самая передовая разработка ЦНИИ РТК в линейке малогабаритных робототехнических платформ, по своим тактико-техническим характеристикам не уступающая лучшим зарубежным и отечественным аналогам.

«КАПИТАН» предназначен для проведения разведывательных, досмотровых, взрывотехнических операций в составе специальных подразделений различных служб и ведомств.

Основой комплекса «КАПИТАН» является универсальная роботизированная платформа на базе гусеничного шасси повышенной проходимости. Оригинальная конструкция шасси с использованием двух пар активных приводных рычагов позволяет платформе легко преодолевать различные препятствия – глубокий снег и высокую траву, завалы, лестничные марши, крутые склоны, щели и уступы. Надежная и неприхотливая в

эксплуатации, базовая платформа комплекса способна работать до 6 часов на одном заряде аккумулятора и обеспечивает дальность дистанционного управления до 1200 метров.

### **Боевой роботизированный комплекс "Нерехта" (рис. 2.3)**



Рис. 2.3

Боевой робот "Нерехта" — это группа роботизированных комплексов, объединенных единой системой управления, подчиненной человеку-оператору.

Роботизированная платформа с боевым модулем управляется из командного пункта, который можно разместить где угодно, даже в отдельном бронетранспортере или на стационарной точке.

Боевой робот "Нерехта", как платформа предназначен для проведения разведывательных операций, корректировки огня по позициям противника, быстрой доставки боеприпасов и снаряжения в горячие точки.

### **Мобильный РТК разведки лёгкого класса и пожаротушения МРК-РП (рис. 2.4)**

---



Рис. 2.4

МРК-РП оборудован системой видеонаблюдения, которая позволяет оператору, находясь на безопасном расстоянии от очага пожара или объекта, на котором произошла чрезвычайная ситуация, управлять роботом в критичных условиях, осуществлять разведку, вести аварийно-спасательные работы.

## РТК разминирования MV-4 (рис. 2.5)



Рис. 2.5

Основное предназначение комплекса состоит в предварительной проверке местности на наличие боевых снарядов, мин, а также очистка от растительности и завалов. С его помощью проделывают проходы для проезда пожарной техники и работы специалистов чрезвычайных подразделений. Используется автономный робот и для обрушения неустойчивых сооружений после природных катастроф.

## Создание конструкции

### Используемое оборудование

При создании проекта было использовано следующее оборудование: дрель, паяльная станция, клей-пистолет, ноутбук.

### Особенности конструкции

Колёса робота имеют диаметр ~210 мм, что обеспечивает дорожный просвет 75 мм, позволяющий переезжать. Использование этих колёс обеспечивает роботу скорость до 4-5 км/ч (расчёт №1). Робот имеет форму, приближенную к квадрату, чтобы он мог хорошо поворачиваться, находясь на препятствиях и прочих участках, мешающих совершению манёвров. Данная ходовая часть обладает выгодно расположенным центром масс. За счёт этого, робот может возвращаться в исходное положение после наклона до 165 ° и способен преодолевать наклоны до 40° на ровной поверхности.

#### Расчёт №1

Ниже приведены известные данные и пояснения к обозначениям.

$V_m = 100$  об./мин – скорость мотора в оборотах за минуту

$\pi \approx 3,14$  - константа

$d_k = 210$  мм – диаметр колеса

$V_p$  - ? – скорость робота

#### Решение

$$V = S / t$$

$$L_k = d_k * \pi$$

$$L_k * V_m = S / t = V_p$$



$$V_p = d_k * \pi * V_m$$

$$V_p = 210 \text{ мм} * 3,14 * 110 \text{ об/мин} = 72534 \text{ мм/мин} = 4,35204 \text{ км/ч} \approx \underline{4,4 \text{ км/ч}}$$

Ходовая часть, с подключённой электроникой (рис. 3.1).



Рис. 3.1



Чертежи ходовой части: чертёж №1 – вид сверху, чертёж №2 – вид сзади (спереди).

[illegible]

Чертеж №1

[illegible]

Чертеж №2

## Детали

Робот собран из деталей конструктора “Tetrix”. Каркас состоит из металлических балок для выполнения опорной (крепление моторов и прочих компонентов) и защитной (защита электронных компонентов и способность противодействовать нагрузкам при эксплуатации) функций. К нему крепится деревянная доска. Она выполняет функцию крепления для электронных компонентов и защиты их от замыкания, так как дерево обладает диэлектрическим свойством. Над каркасом робота расположена пластина из оргстекла, необходимая для защиты электроники от повреждений сверху и крепления к ней лидара.

## Электроника робота

При создании электроники робота были задействованы следующие компоненты: плата Arduino Mega2560 (рис. 4.2), драйверы моторов L298N x2 (рис. 4.1), моторы “Tetrix” x4 (рис. 4.3), аккумуляторы “ZeePower” x2 (рис. 4.4), пальчиковые аккумуляторы (рис. 4.5), макетная плата (рис. 4.6), пульт и приёмник PS2 (рис. 4.7), Rplidar A1 (рис. 4.8), сервомоторы с углом поворота 180° и крутящим моментом 2 Нм x2 (рис. 4.9), повербанк.

Два аккумулятора “ZeePower” ёмкостью по 5,2 Ач отвечают за питание моторов, обеспечивающих передвижение робота. Моторы подключены через драйвера L298N, сгруппировано по сторонам робота. Через пальчиковые аккумуляторы запитана плата и подключённые к ней устройства. Обмен данными между платой и приёмником сигнала с пульта реализован по SPI (Serial Peripheral Interface) стандарту. Это обеспечивает быстрый обмен пакетами информации в режиме полного дуплекса на расстоянии 30 – 35 м. Так как сервомоторы потребляют много электричества, то они питаются отдельно, от повербанка. На макетной плате установлены конденсаторы ёмкостью по 220 мкФ каждый для сглаживания помех. На каждый сервомотор установлено по

два конденсатора, соединенных параллельно, чтобы ёмкости суммировались (общая ёмкость получается 440 мкФ).

Разделение источников питания позволяет расположить их более грамотно для того, чтобы центр масс приходился на наиболее выгодную точку (центр робота с небольшим смещением вперёд) и экономить ресурсы за счёт того, что разные компоненты обладают разным потреблением электричества и работают от разного напряжения. Благодаря этому решению, запас хода робота составляет 11,44 км (расчёт №2).

Моторы «Tetrix» обладают крутящим моментом 4,9 Нм, что позволяет преодолевать роботу препятствия высотой, ограниченной только диаметром колёс. В ходе испытаний было выяснено, что эта высота равняется приблизительно 100-140 мм.

Крутящий момент сервомоторов 2 Нм позволяет поднимать манипулятором грузы массой до 1,25 кг (расчёт №3).

В связи с недостатком ресурсов в качестве камеры используется квадрокоптер «Сума». Изображение передаётся на телефон или другое устройство в программе «CX 10WIFI».

#### Расчёт №2

Ниже приведены известные данные и пояснения к обозначениям.

$C_a = 5,2$  Ач – ёмкость аккумулятора

$U_a = 12$  В – напряжение аккумулятора

$U_d = 12$  В – напряжение питания драйвера

$I_d = 2$  А – ток, потребляемый драйвером

$V = 4,4$  км/ч – скорость робота (рассчитана ранее)

$t$  – время работы системы ходовой части

$S$  - ? – запас хода

### Решение

Так как система подключения моторов раздвоена, то есть два аккумулятора подключены к разным драйверам, которые отвечают за разные моторы, и при этом системы идентичны, то нагрузка распределяется равномерно, следовательно, достаточно рассмотреть хотя бы одну из этих составляющих ходовой части. Найдём время работы по следующей формуле.

$$t = (C_a * U_a) / (U_d * I_d)$$

$$t = (5,2 \text{ Ач} * 12 \text{ В}) / (12 \text{ В} * 2 \text{ А}) = 2,6 \text{ ч}$$

$$S = V * t$$

$$S = 4,4 \text{ км/ч} * 2,6 \text{ ч} = \underline{11,44 \text{ км}}$$

### Расчёт №3

Ниже приведены известные данные и пояснения к обозначениям.

$\tau = 2 \text{ Нм}$  – крутящий момент сервомотора

$l_2 = 0,145 \text{ м}$  – расстояние от сервомотора до точки касания с грузом на захвате

$l_1 = 0,065 \text{ м}$  – расстояние от одного сервомотора до другого сервомотора

$m_c = 0,35 \text{ кг}$  – масса сервомотора

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения

$m_r$  - ? – масса груза

### Решение

Запишем правило моментов относительно сервомотора, отвечающего за подъём манипулятора.

$$\tau = l_1 * m_c * g + l_2 * m_r * g$$

$$m_r = (\tau - l_1 * m_c * g) / (l_2 * g)$$

$$m_r = (2 \text{ Нм} - 0,22295 \text{ Нм}) / (1,421 \text{ м}^2/\text{с}^2) = 1,25... \text{ кг} \approx \underline{1,25 \text{ кг}}$$



Рис. 4.1



Рис. 4.2



Рис. 4.3



Рис. 4.4



Рис. 4.5



Рис. 4.6



Рис. 4.7



Рис. 4.8



Рис. 4.9

# Написание программы

## Логика работы

Робот управляется при помощи пульта от PS2. Для реализации в коде использована библиотека <PS2X\_lib.h>. При передвижении джойстиков по оси ординат включаются моторы робота, соответствующие стороне одного из джойстиков, в определённом направлении и со скоростью, прямо пропорционально зависящей от значения оси у. Нажатие кнопок “О” и “Х” отвечают за работу лидара, “О” - включение, “Х” - выключение. Кнопки, расположенные слева на джойстике, выполняют функцию управления манипулятором. Стрелка вверх - подъём, стрелка вниз – перемещение вниз захвата. Стрелка вправо - сжатие манипулятора, стрелка влево - разжатие.

## Фрагменты кода

Подключение библиотек, инициализация переменных, создание и настройка класса пульта управление, выбор бода монитора порта (рис. 5.1).

```
1 #include <PS2X_lib.h>
2 PS2X ps2x;
3
4
5 short ly = 0;
6 short ry = 1;
7
8 short pos[2];
9
10 short speedl;
11 short speedr;
12
13 void setup() {
14     Serial.begin(57600);
15
16     ps2x.config_gamepad(4, 7, 6, 8, true, true);
17 }
18
19 void loop() {
```

Рис. 5.1



Активация считывания значений с пульта, присвоение списку значений положений джойстиков, расчёт скорости моторов по составленной формуле и присвоение этих значений переменным speedl и speedr, установление необходимых состояний моторов (рис. 5.2, 5.3).

```

19 void loop() {
20   ps2x.read_gamepad(false, false);
21
22
23   pos[ly] = (ps2x.Analog(PSS_LY));
24   pos[lx] = (ps2x.Analog(PSS_LX));
25   pos[ry] = (ps2x.Analog(PSS_RY));
26   pos[rx] = (ps2x.Analog(PSS_RX));
27
28   speedl = constrain(map(abs(pos[ly] - 127), 0, 127, 0, 255), 0, 255);
29   speedr = constrain(map(abs(pos[ry] - 127), 0, 127, 0, 255), 0, 255);
30
31   if (pos[ly] > 140) {
32     analogWrite(12, speedl);
33     analogWrite(13, speedl);
34
35     digitalWrite(22, LOW);
36     digitalWrite(23, HIGH);
37     digitalWrite(24, HIGH);
38     digitalWrite(25, LOW);
39   } else if (pos[ly] < 110) {
40     analogWrite(12, speedl);
41     analogWrite(13, speedl);
42
43     digitalWrite(22, HIGH);

```

Рис. 5.2

```

72   digitalWrite(30, HIGH);
73   digitalWrite(31, LOW);
74 } else {
75   analogWrite(10, 255);
76   analogWrite(11, 255);
77
78   digitalWrite(29, LOW);
79   digitalWrite(29, LOW);
80   digitalWrite(30, LOW);
81   digitalWrite(31, LOW);
82 }
83 /*
84 for(int i = 0; i < 2; ++i){
85   Serial.print(pos[i]);
86   Serial.print(" ");
87 }
88 Serial.println();
89 Serial.println();
90 Serial.println();
91
92 Serial.println(speedl);
93 Serial.println(speedr);
94 Serial.println();
95 */
96 delay(50);
97 }

```

Рис. 5.3

Код для работы с лидаром (рис. 5.4).

---

```
if (IS_OK(lidar.waitPoint())) {  
    float distance = lidar.getCurrentPoint().distance;  
    float angle = lidar.getCurrentPoint().angle;  
  
    Serial.println(distance);  
    Serial.println(angle);  
    Serial.println();  
  
    analogWrite(RPLIDAR_MOTOR, 0);  
    rplidar_response_device_info_t info;  
    if (IS_OK(lidar.getDeviceInfo(info, 100))) {  
        lidar.startScan();  
        analogWrite(RPLIDAR_MOTOR, 255);  
    }  
}
```

Рис. 5.4

## Экономическая часть

Таблица 1 – расходы на реализацию проекта.

№	Название детали	Кол-во шт.	Стоимость за единицу, руб.	Суммарная стоимость
Детали				
1.	Детали конструктора “Tetrix”	-	-	~18000
2.	Деревянная доска	1	~350	~350
3.	Пластина из оргстекла	1	~450	~450
4.	Колёса для RC моделей	4	~2500	~10000
Электронные компоненты				
5.	Arduino Mega2560	1	~1200	~1200
6.	драйверы моторов L298N	2	~220	~440
7.	моторы “Tetrix”	4	~2700	~10800
8.	аккумуляторы “ZeePower”	2	~3800	~7600
9.	пальчиковые аккумуляторы	6	~200	~1200

10.	макетная плата	1	~120	~120
11.	пульт и приёмник PS2	1	~1100	~1100
12.	Rplidar A1	1	~10000	~10000
13.	Сервомоторы (20кг)	2	~1600	~3200
14.	Повербанк	1	~1200	~1200
15.	Квадрокоптер Syma	1	~2500	~2500
Дополнительные расходы				
16.	Провода	-	-	~300
17.	Выключатели	2	100	~200
18.	Изолента	-	-	~120
19.	Пластиковые хомуты	-	-	~150
20.	Олово, канифоль и паяльный флюс	-	-	~150
21.	Стержни для клей-	3	~18	~54

	<b>пистолета</b>			
Итого: ~69134 руб.				

## Результат проекта

В результате работы над роботом были выполнены все задачи и цель проекта, собрана и запрограммирована модель (рис. 6.1, 6.2, 6.3) робота с повышенной проходимостью, обладающая конструкционными особенностями роботов-спасателей.

В ходе работы над проектом было выяснено, что колёсная база полностью оправдывает своё применение, так как обеспечивает проходимость, соразмерную с гусеничной, но при этом гораздо проще в обслуживании. Нововведением, по сравнению с существующими аналогами является система lidar. Она значительно расширяет функционал робота и в будущем позволит упростить управление, за счёт составления и передачи 2d карты окружения.



Рис. 6.1

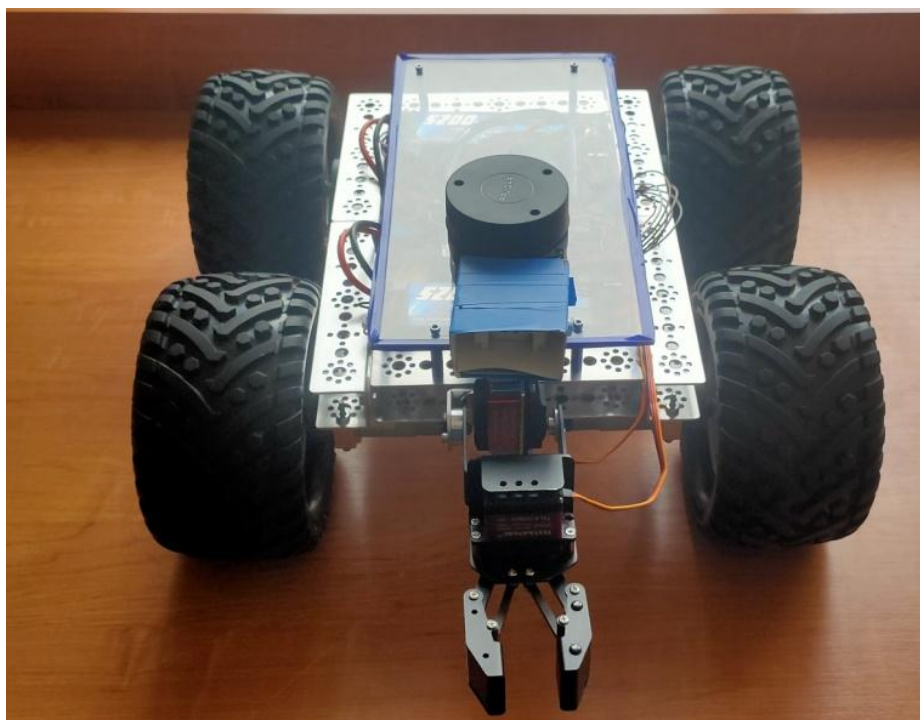


Рис. 6.2



Рис. 6.3



## **Функции робота**

Робот способен выполнять следующие функции:

- 1) Преодоление препятствий
- 2) Перемещение грузов
- 3) Выполнение ситуативных задач манипулятором
- 4) Разведка местности с помощью камеры
- 5) Сканирование местности lidar-ом

## **Характеристики робота**

Робот обладает следующими характеристиками:

- 1) Масса – 7,5 кг
- 2) Скорость – 4 - 5 км/ч
- 3) Запас хода – 11,44 км
- 4) Дальность управления – 30 – 35 м
- 5) Масса полезной нагрузки фактическая – 5 - 10 кг
- 6) Масса полезной нагрузки максимальная – 15 – 20 кг
- 7) Подъёмная манипулятором масса – 1,25 кг

## Перспективы проекта

В краткосрочной перспективе планируется добавить воздушное охлаждение для драйверов моторов, так как при длительном использовании они могут перегреваться, установить противотуманные фонари, изменить логику работы камеры и улучшить систему для удалённого управления. В долгосрочной перспективе будет дорабатываться программа лидара для возможности моделирования и воспроизведения карты местности и улучшаться манипулятор, для возможности выполнения большего спектра задач.

Видео работы проекта:

<https://youtu.be/In32pJ2z1v8>

## Используемая литература

<https://ru.wikipedia.org/wiki/Луноход-1>

<https://ru.wikipedia.org/wiki/Телетанк>

[https://pikabu.ru/story/robotyilikvidatoryi\\_v\\_chernobyile\\_8244260](https://pikabu.ru/story/robotyilikvidatoryi_v_chernobyile_8244260)

[http://www.bnti.ru/des.asp?itm=2416&tbl=02.01.02.02.](http://www.bnti.ru/des.asp?itm=2416&tbl=02.01.02.02)

<https://rtc.ru/solution/kapitan/>

<https://vpk.name/library/f/nerehta-rtk.html>

[https://fireman.club/stat\\_yi-polzovateley/robototekhnicheskie-kompleksyi-mchs-osnovnyie-modeli-opisanie-i-tth/](https://fireman.club/stat_yi-polzovateley/robototekhnicheskie-kompleksyi-mchs-osnovnyie-modeli-opisanie-i-tth/)

<https://wiki.iarduino.ru/page/DualShock-arduino/>

<https://mevihub.com/rplidar-a1-laser-scanner-with-arduino/>