Алексеев Д.А. Телеуправляемый мобильный робот для ряда практических задач // Сборник научных трудов. 17-ая молодежная научно-техническая конференция "Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2015". – М.: изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 22-23 апреля 2015 г. – с.221-229.

ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫЙ МОБИЛЬНЫЙ РОБОТ ДЛЯ РЯДА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Алексеев Д.А.
Научный руководитель: Юдин А.В.
Центр детского творчества «На Вадковском», мастерская «Спортивная робототехника»
НИТУ «МИСиС», лаборатория цифрового производства «FabLab»

REMOTELY CONTROLLED MOBILE ROBOT FOR A NUMBER OF PRACTICAL TASKS

Alekseev D.A.
Supervisor: Yudin A.V.
Children's activity center “Na Vadkovskom”, “Sports robotics” workshop
NUST “MISIS”, digital fabrication laboratory “FabLab”

Аннотация
В работе рассматривается комплекс электромеханических устройств на базе мобильной платформы, управляемой по проводу через пульт. Данный комплекс призван решить ряд практических задач в русле перспективного направления сервисной робототехники. Решаемые задачи сформулированы в игровой форме и объединены соревновательными правилами для оценки технических решений автора. Автором также проанализированы задания и разработана аргументированная схема их решения. Полученная в итоге система является уникальной платформой для отработки механики решения сложных задач сбора, комбинации, сортировки и перемещения объектов среды. Эта система будет интересна не только разработчикам, работающим в аналогичном направлении, но и простым пользователям в силу простоты освоения управления.

Abstract
This paper considers a complex of electromechanical devices based on a mobile platform and controlled over wire with a control box. This complex system is designed to solve a number of practical tasks in line with long-term direction for service robotics. Tasks are formulated in a game form and united with competitive rules for assessment of author's technical solutions. Author also analyzed the tasks and developed a scheme of their reasoned solving. The resultant system is a unique platform for testing mechanics through solving complex problems of collection, combination, sorting and moving of objects. This system will be of interest not only to developers working in the same direction, but also to ordinary users because of a simpe control learning curve.

Введение

Цель работы – разработать мобильного робота, управляемого посредством проводного пульта, и выполняющего ряд практических заданий, оговоренных специальными правилами [1].

Задачи проекта включают следующие шаги:

- проанализировать правила практических заданий;
- выбрать выполняемые практические задания на основании анализа;
- разработать стратегию и тактику выполнения заданий;
- разработать конструкции и схему управления для выполнения заданий;
- разработать мобильную платформу для робота;
- разработать пульт управления мобильным роботом и механизмами.

Общая тематика практических заданий – обслуживание роботом нужд кинотеатра.

Правила сформулированы в игровой форме и их полное содержание доступно для ознакомления через Интернет [1]. Далее приводятся выдержки из правил в том объеме, который необходим для выполняемой работы.

На рис.1 представлена площадка для выполнения практических заданий.

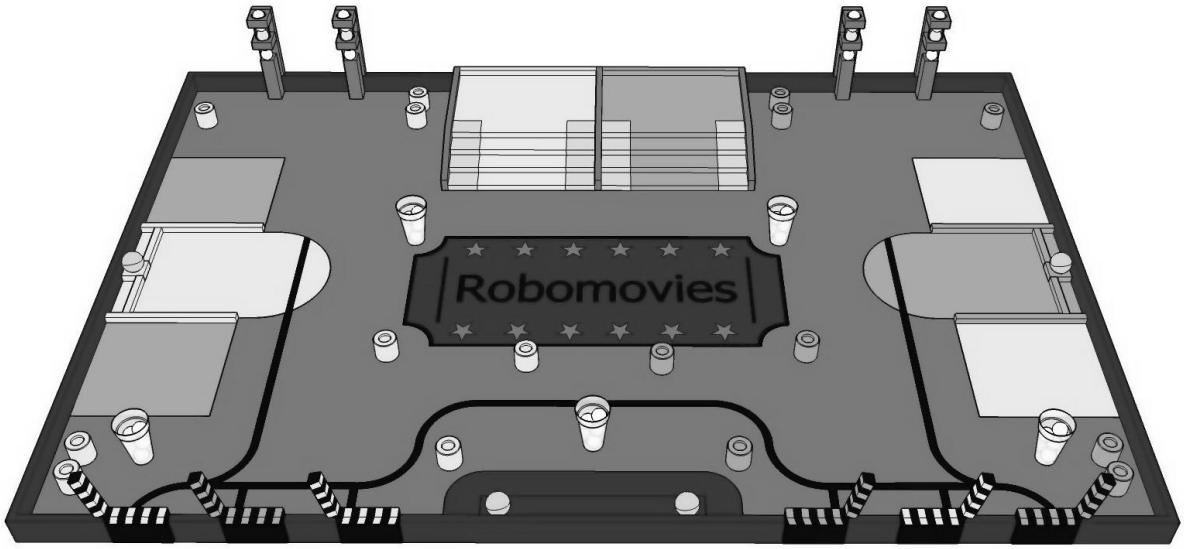

Рисунок 1 – общий вид на площадку для практических заданий

Первое задание связано с перемещением стаканов с малыми мячами (диаметр каждого около 40 мм). В простом варианте стакан необходимо переместить по плоскости в специально обозначенную зону (рис.2). В более сложном варианте в стакан можно добавить мячей из специального раздатчика-дозатора (рис.3).

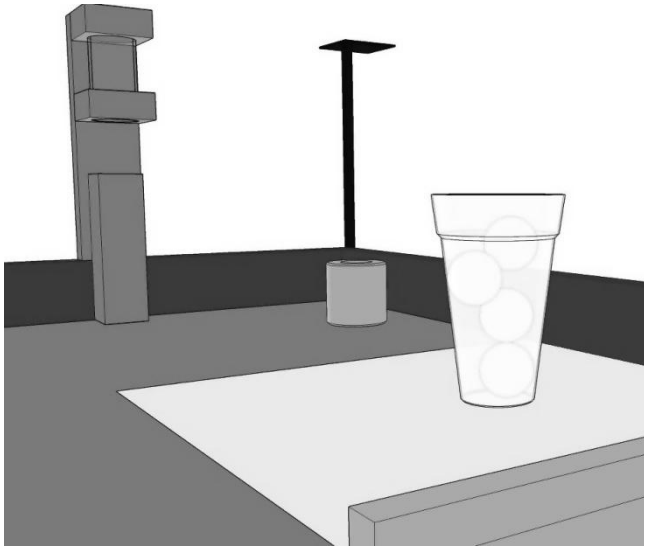

Рисунок 2 – задание по перемещению стакана с малыми мячами

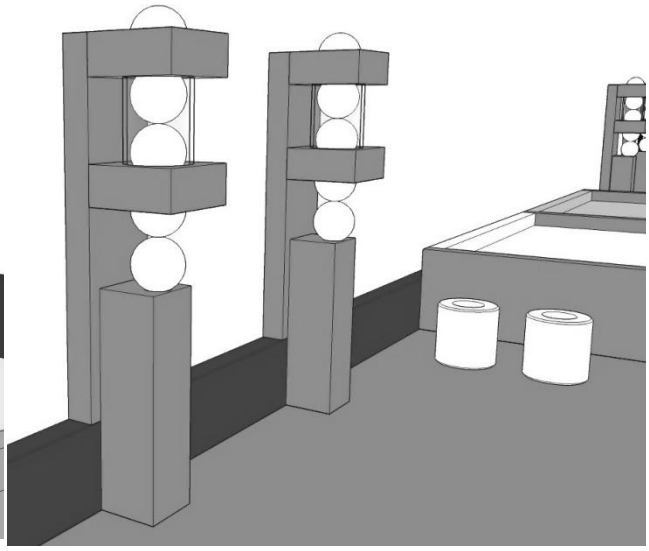

Рисунок 3 – раздатчик-дозатор малых мячей

Второе задание связано с построением башни из небольших деревянных цилиндров и больших мячей (для большого тенниса). В простом варианте цилиндры необходимо переместить по плоскости в специальную зону. В среднем варианте на цилиндр необходимо поместить мяч (рис.4). В сложном варианте построение уже состоит из нескольких цилиндров и мяча наверху.

Третье задание связано с заездом на лестничную площадку (рис.5). Роботу необходимо преодолеть 4 ступеньки, каждая высотой около 22 мм.

Четвертое задание связано с размещением куска ткани на лестнице (рис.6). Роботу необходимо расположить ткань так, чтобы укрыть все 4 ступени лестницы.

Последнее задание связано с закрыванием хлопушки (рис.7). Роботу необходимо воздействовать на брусок, расположенный изначально вертикально, так, чтобы привести его в горизонтальное положение.

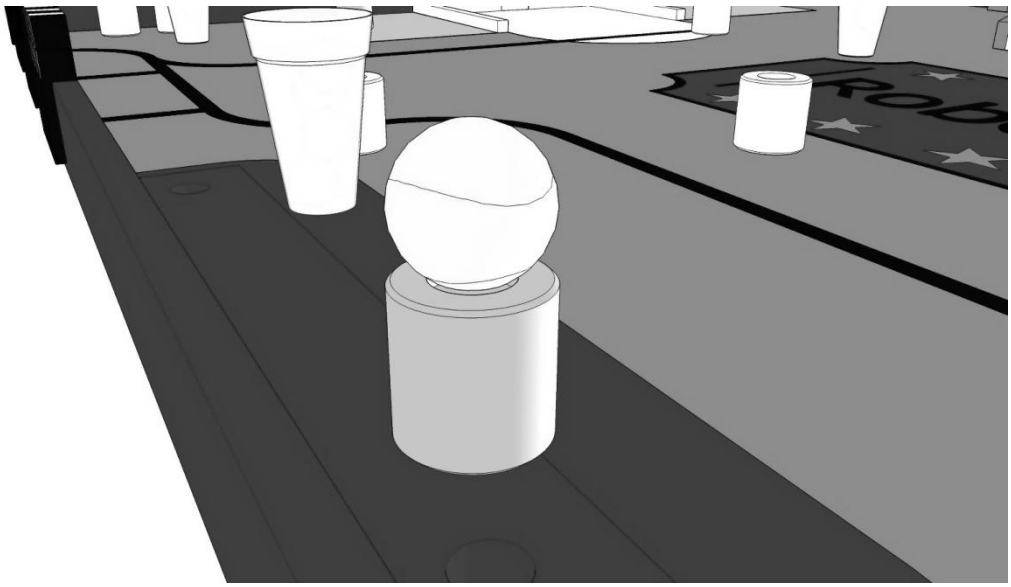

Рисунок 4 – составная конструкция из подставки и большого мяча

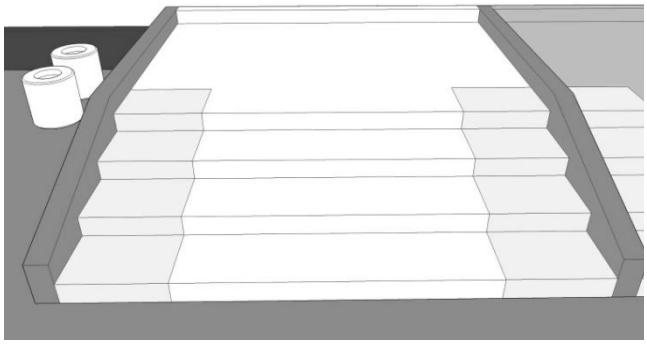

Рисунок 5 – лестница с лестничной площадкой

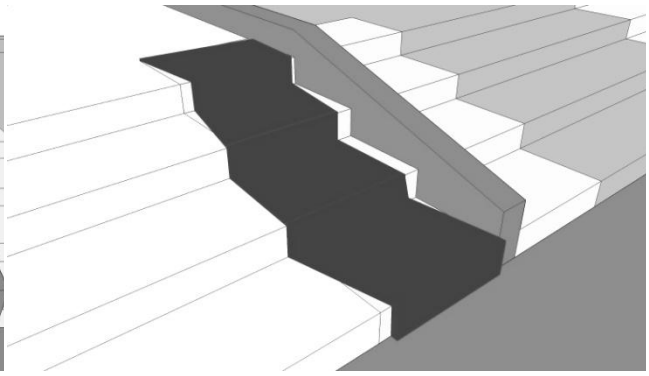

Рисунок 6 – ткань на лестнице

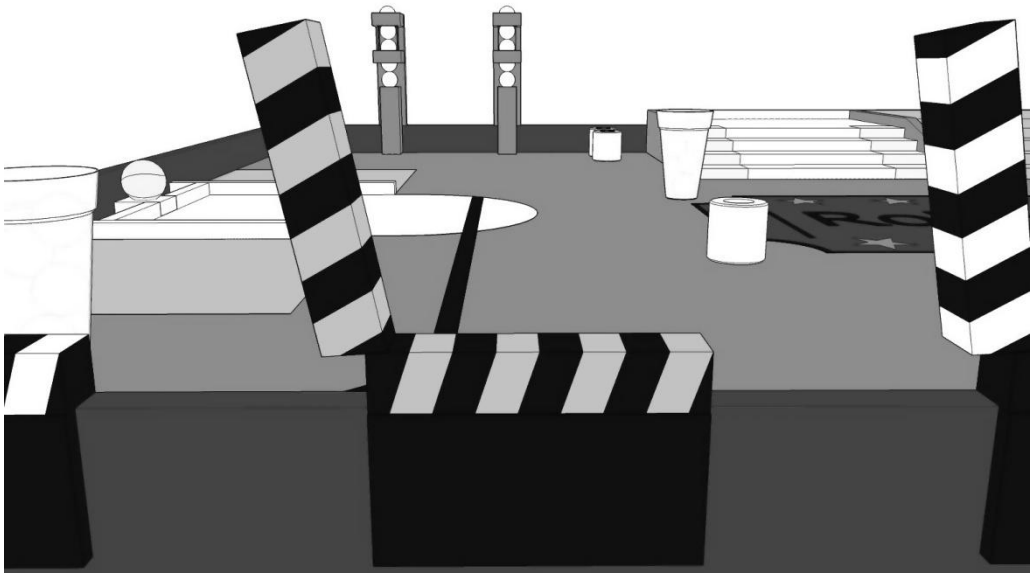

Рисунок 7 – хлопушка

Эффективность технических решений, используемых в роботе, оценивается путем присуждения баллов за выполненные задания, а время на выполнение заданий ограничивается 90 секундами. При этом не требуется выполнять все задания, а требуется набрать максимальное количество баллов.

Мобильный робот, создаваемый для решения указанных практических задач, является по сути сервисным мобильным роботом для помощи человеку в повседневных задачах (не промышленного характера). Сервисная робототехника такого рода является ключевым направлением развития техники в ближайшие годы [2]. Кроме того, немаловажным фактором является наглядность получаемых результатов, которые можно использовать для обучения техническим наукам.

Модель для анализа и выбора задач для робота

Обилие изначально предлагаемых разработчику заданий и временное ограничение на их выполнение требует тщательного анализа с целью выявить те задания, выполнение которых роботом будет максимально эффективно.

Для проведения анализа используется предлагаемая разработчику сторонняя бальная система оценки, а также собственная оценка автором сложности разработки каждого механизма и времени на его выполнение в течение 90 секунд теста. Во втором случае опосредованно учитываются факторы доступных технологий для изготовления механизмов и знания автора.

Для начала, оценим максимальные баллы за выполнение отдельных заданий. Затем укажем субъективную оценку автора по сложности создания механизма для решения данного задания. Результаты представим в виде таблицы ниже.

Таблица 1 – оценки задач для робота

	Задание 1 “мячи”	Задание 2 “башня”	Задание 3 “лестница”	Задание 4 “ткань”	Задание 5 “хлопушка”
Макс. баллы	40	40	15	24	15
Сложность	4	4	3	2	1
Время	60 сек.	60 сек.	5 сек.	10 сек.	20 сек.

Из таблицы можно увидеть, что наиболее «дорогие» задания выполнить полностью вместе в отведенный срок не удастся.

Попробуем оценить привлекательность каждого задания по количеству баллов, зарабатываемых за 1 секунду.

$$\frac{Макс.баллы}{Время} = Скорость\ набора\ баллов \qquad (1)$$

Для заданий 1 и 2, скорость будет равна 0.66 баллам в секунду, для 3го задания – 3 баллам, для 4го задания – 2.4 балла, и для 5го – 0.75 балла в секунду.

Теперь найдем «максимальную» скорость набора баллов:

$$\frac{\sum Макс.баллы\ за\ задание}{Время\ теста} = \frac{(40+40+15+24+15)\,баллов}{90\,сек.} = \frac{134}{90} = 1.48\,\frac{балл}{сек.} \qquad (2)$$

Задания 3 и 4 по скорости набора баллов выигрывают у остальных и превышают скорость набора баллов в (2), кроме того, механизм подъема на лестницу необходим для раскладывания ткани. Выбираем эти два задания.

Оставшееся время распределяем в порядке приоритета между заданием 5 и простыми решениями задания 1 и 2. В итоге максимальное количество баллов, на которое рассчитываем 15+24+15+16+20 = 90 баллов.

Описание мобильного робота

Рассмотрим состав базового варианта разрабатываемого робота (рис.8). На рисунке представлены следующие объекты (и их связи):

1. Шасси робота – несущая конструкция для всех механизмов, включая колеса и двигатели для них.
2. Пульт – размещает в себе органы управления роботом и подачу электропитания на шасси.
3. Блок управления – преобразует сигналы от кнопок пульта в силовое воздействие на механизмы шасси.
4. Двигатель 1 – движет шасси по плоскости.
5. Двигатель 2 – движет шасси по плоскости.
6. Переходник на провод – упрощает разъединение пульта и блока управления.
7. Блок исполнительных механизмов – служат решению заданий.
8. Провод – служит для передачи сигналов с пульта на шасси.
9. Переходник на провод – упрощает разъединение пульта и блока управления.
10. Кнопка управления двигателем 1 – обеспечивает реверсивное управление двигателем 1.
11. Кнопка управления двигателем 2 – обеспечивает реверсивное управление двигателем 2.
12. Блок кнопок исполнительных механизмов – запускают двигатели исполнительных механизмов.
13. Схема управления питанием – позволяет подать электропитание.
14. Аккумулятор – один из вариантов источника электропитания.
15. Сетевой адаптер – один из вариантов источника электропитания.

Кроме того, на схеме представлены колеса робота, необходимые для его движения и розетка промышленной сети электропитания на 220В.

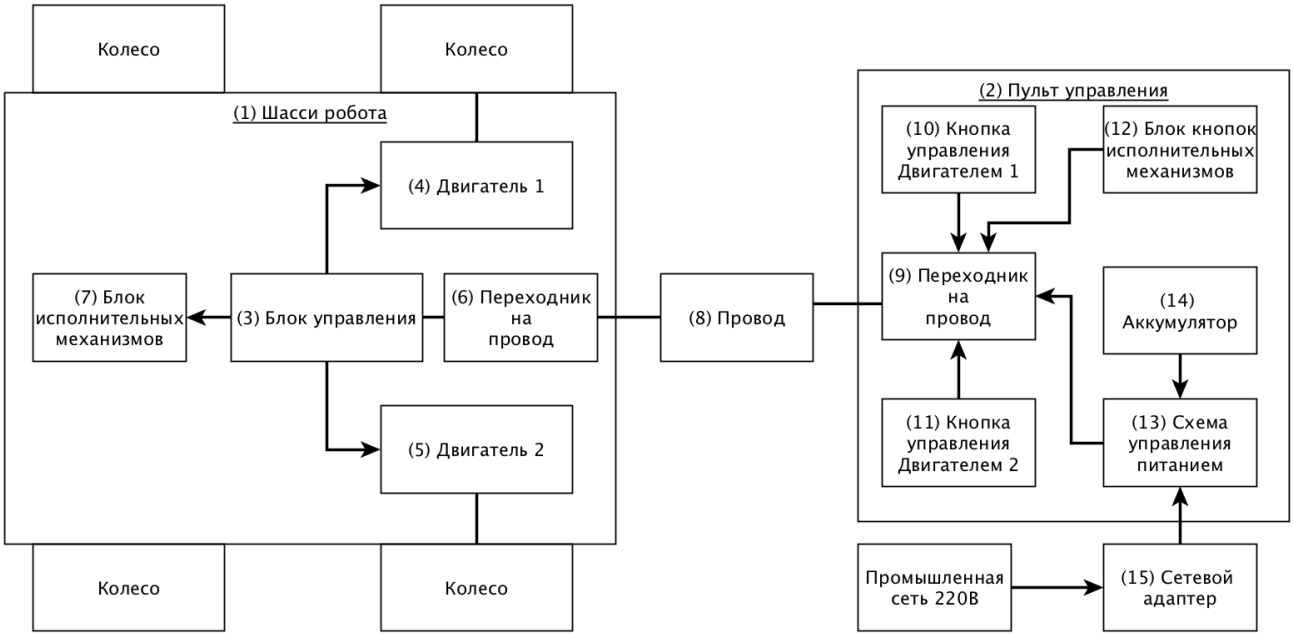

Рисунок 8 – структурная схема мобильного робота с пультом управления

Размеры шасси и установленных механизмов и колес ограничены максимальным периметром описанного выпуклого многоугольника вокруг вертикальной проекции шасси на плоскость, по которой он движется. Величина этого периметра – 1200 мм. Размер пульта определяется в основном количеством кнопок на лицевой панели, что в свою очередь связано с количеством исполнительных механизмов. Для удобства тестирования характеристик движения и отладки длина провода – 5 м.

Рассмотрим принцип работы мобильного робота и исполнительных механизмов (рис.9).

Рисунок 9 – машина состояний мобильного робота с исполнительными механизмами

Из состояния бездействия робот может перейти в состояние движения шасси, при этом возможны несколько направлений движения в зависимости от того, какая кнопка и как нажата. Возможны движения вперед-назад, вперед-направо, вперед-налево, назад-направо, назад-налево (рис.10). Если необходимо запустить двигатель одного из исполнительных механизмов, решающих практические задания – это происходит из положения бездействия (стоянки) робота посредством нажатия специально выделенной для этого кнопки на пульте управления. Таким образом, предполагается, что робот выполняет все задачи последовательно – нет совмещения и параллельного (одновременного) выполнения действий.

Рассмотрим упрощенную стратегию поведения робота при выполнении заданий, а именно последовательность выполнения практических заданий и набора баллов (рис. 11).

Логика порядка выполнения заданий частично уже была описана ранее при анализе баллов. Имея в виду временные ограничения мы частично выполняем 1 и 2 задания, затем полностью выполняем задание 5 и в конце заезжая на лестницу (задание 3) выполняем задание 4. Такой порядок обусловлен еще и тем, что после заезда на лестницу робот должен оставаться в этом положении на момент истечения 90 секунд теста.

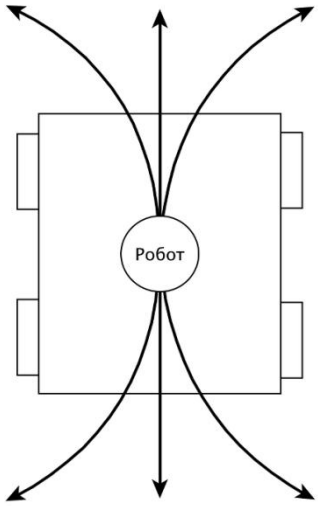

Рисунок 10 – направления возможного движения робота

Рисунок 11 – алгоритм выполнения заданий и набора баллов

На рис. 12 и 13 можно видеть общий вид первой версии разработанной системы. Конструкция полностью соответствует структурной схеме на рис. 8. В левой части рисунков изображено шасси робота, в правой – пульт. Пульт и шасси соединяются проводом (изображен между ними в верхней части рисунка). Данная версия системы является рабочим прототипом и не имеет реализованных исполнительных механизмов.

Рисунок 12 – внешний вид системы

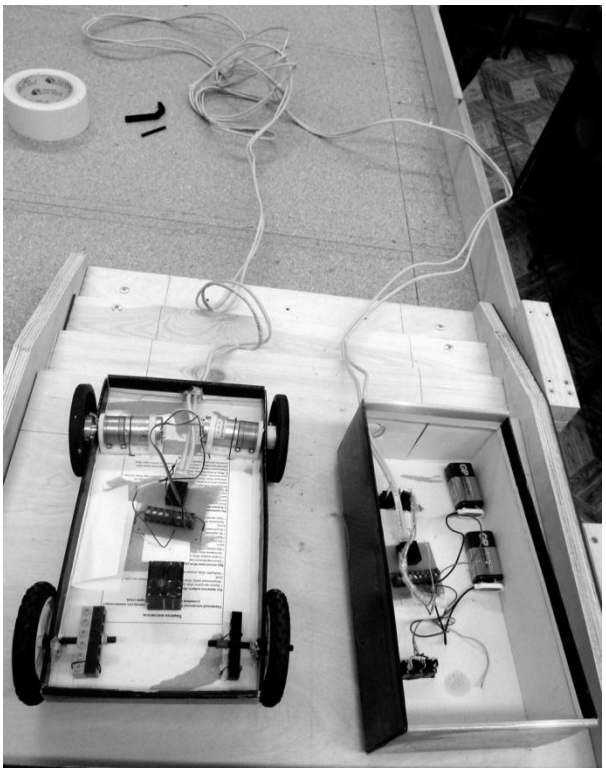

Рисунок 13 – детали устройства системы

Вторая (текущая) версия системы представлена на рис. 14 и 15. Можно видеть, что изменения значительны: изменилась кинематическая схема шасси (расположение и количество колес, добавлена скользкая подпорка); используются другие, более прочные материалы (фанера); в качестве источника питания используется компьютерный блок питания (отсутствует необходимость замены или зарядки батарей); полностью переработан силовой блок управления двигателями, а соединительные провода приведены в порядок.

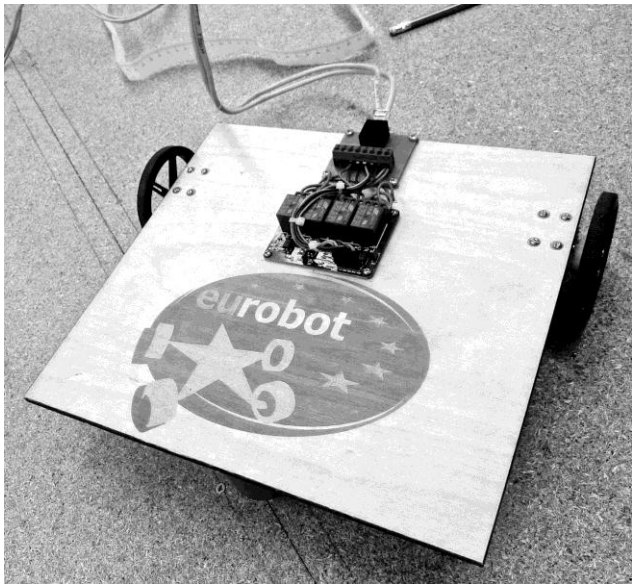

Рисунок 14 – шасси робота с электроникой управления двигателями

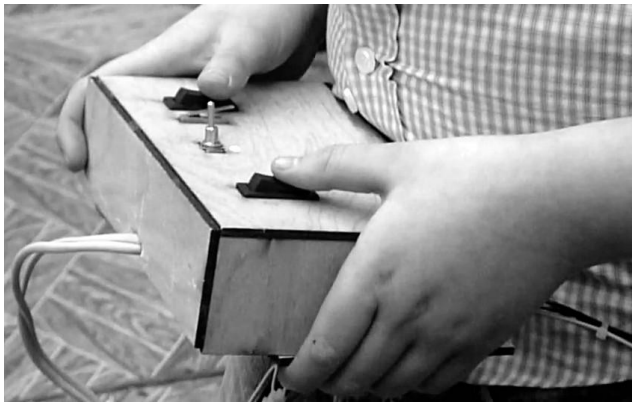

Рисунок 15 – проводной пульт управления

На момент написания данной работы автор работает над реализацией исполнительных механизмов для выполнения роботом выбранных ранее заданий. Полностью готовое решение планируется представить на соревнованиях Евробот 2015.

Заключение

Реализованная и описанная в данной работе система полностью отвечает поставленной цели, обозначенной во введении.

Рисунок 16 – автор продолжает работать над проектом

Следует отметить, что работа на данный момент носит характер рабочего прототипа. Срок сдачи проекта – апрель 2015 года. В этой связи не все элементы полноценно реализованы. Автор постарался задокументировать как текущее состояние проекта, так и план дальнейшей работы. Из наиболее ответственных задач еще предстоит разработать конкретные исполнительные механизмы и тактику выполнения заданий.

На данном этапе движение и управление шасси отлажено, доведено до рабочей версии и как сама конструкция, так и электроника на нем не требуют доработок.

Литература

1. Правила молодежных соревнований роботов Евробот Юниор 2015: «РобоФильмы»: Пер. с англ. с дополнениями НОК Евробот России. / Общ. ред. А.В. Юдина. – М.: Национальный организационный комитет Евробот России, 2014. – 33с., ил.

Режим доступа: http://eurobot-russia.org/main/eurobot-2015 – Проверено 10.01.2015г.

2. Стратегическое исследование развития рынка робототехники международной ассоциацией EUrobotics. Режим доступа: http://www.eu-robotics.net/cms/upload/PPP/SRA2020_SPARC.pdf – Проверено 10.01.2015г.
3. Team Development of an Autonomous Mobile Robot: Approaches and Results / Andrey Kuturov, Anton Yudin, Igor Pashinskiy, and Mikhail Chistyakov // Research and Education in Robotics, CCIS 161, pp. 187-201. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.
4. Ванройе Н.К. Анализ механики поворота шасси мобильного колесного робота в целях организации его управления // Сборник научных трудов. 16-я Молодежная научно-техническая конференция «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2014». – Москва. 23 апреля 2014 г. – С.303-312.
5. Ваганов А.Л. Прототипирование мехатронного устройства в условиях современного цифрового производства // Сборник научных трудов. 16-я Молодежная научно-техническая конференция «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2014». – Москва. 23 апреля 2014 г. – С.310-313.
6. А.А.Андреев, А.И.Власов, В.Н.Гриднев и др. Методические указания по организации и проведению итоговой государственной аттестации бакалавров и магистров по направлению «Конструирование и технология электронных средств» : учебное пособие под ред. В.А.Шахнова. – М.: Изд-во НИИ РЛ МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2015. – 164 с.: ил.