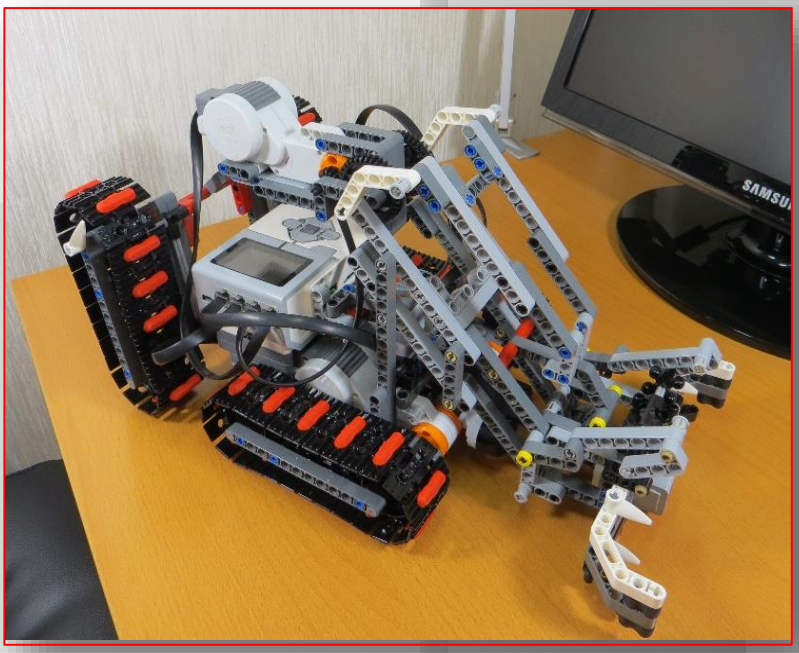
ФГКОУ «Московское суворовское военное училище»
Министерства обороны Российской Федерации
129345, г. Москва, Извилистый проезд, 11, тел. 472-86-09

Проектная работа с интеграцией в предметные области физики и информатики с реализацией проекта в техническом моделировании на тему:

«Робот - спасатель»

Конкурс: «Уютный мир»



Выполнили: Будылкин Алексей Николаевич (11 лет), Котик Ярослав Юрьевич (12 лет)

Руководитель конкурсантов: преподаватель информатики МсСВУ Клюева Татьяна Александровна

Москва 2015 г.

Аннотация

Тема проекта: «Робот - спасатель».

Цель работы: изучить особенности существующих отечественных робототехнических систем, провести их классификацию, разработать модель робота-спасателя с описанием тактико-технических характеристик и предназначения.

Работа представлена на 20 листах и состоит из теоретической и практической частей. В теоретической части работы освещаются принципы построения робототехнических систем, история появления и использования робототехнических комплексов в России, области применения. Приведена классификация типов РТК. Дано описание основных требований, которым должен соответствовать робот-спасатель.

Практическая часть представляет собой действующую модель робота-спасателя, созданную на основе платформы Lego EV3. Робот запрограммирован с использованием объектно-ориентированного ПО NXT-G в двух режимах: удаленного управления и автономном. Также в практической части работы дано описание основных функциональных модулей робота. Подробно, с использованием схем описаны механизмы подъема манипулятора и захвата объектов. Представлена управляющая программа с подробным описанием отдельных подпрограмм.

В начале работы имеется раздел Введение, в котором описывается актуальность освещаемых вопросов, ставится цель и задачи исследования.

В конце работы дано заключение, в котором приведены дополнительные возможности для реализации проекта, рассматриваются экономический эффект и возможные риски при внедрении проекта.

В работе использованы интернет - ресурсы.

Содержание

Аннотация 2
Содержание 3
Введение 4
Принцип построения робототехнических систем 6
Классификация роботов 6
Основные требование к изделию 8
Практическая часть 9
Состав робототехнического комплекса 9
Ходовая часть 11
Манипулятор 11
Механизм захвата 12
Подъемный механизм 13
Программирование 14
Назначение 18
Вывод 19
Список использованной литературы, интернет ресурсы 20

Введение

На вооружение МЧС России с недавних пор стали поступать роботы. Конечно, не такие как в популярных американских фильмах «Трансформеры» и «Робокоп», но с задачами по тушению пожаров, поиску людей под завалами, разведкой в труднодоступных местах, эти умные машины справляются вполне успешно. И пусть они выглядят не так эффектно, как роботы из фантастических блокбастеров или компьютерных игр, но такой робот на гусеничном или колесном ходу может пробраться туда, куда не рискнет пройти «супергерой». Например, в места радиоактивного загрязнения или взрывоопасную среду. Да мало ли опасностей, с которыми сталкиваются спасатели в своей нелегкой работе?

В любом большом городе каждый день происходят происшествия – пожары, обрушения, наводнения и т.д. И не редко случается, что спасатели не могут помочь пострадавшим из-за неизбежного ущерба здоровью.

Свести к минимуму степень риска для спасателей позволяет использование так называемых безлюдных технологий. Среди множества современных робототехнических средств особое место занимают мобильные подвижные роботы. Широкий спектр их возможностей, постоянная готовность к внезапному применению делает мобильных роботов незаменимыми для служб экстренного реагирования.

Робототехническое средство – это устройство, которое выполняет действия, предписанные виды работ или операции без непосредственного участия человека.

В сентябре 1997 года в Центре по проведению спасательных операций особого риска «Лидер» было создано Управление спасательное робототехнических средств. Впервые роботы были использованы во время нештатной ситуации в июне 1997 года в Федеральном ядерном центре Арзамас-16 в г. Саров. Тогда удалось локализовать источник ионизирующего излучения с применением робототехнических средств. В январе 1998 года под Грозным с помощью МРК-25 была проведена операция по локализации и

контейнированию кобальтового радиоактивного источника. Робот обнаружил его местонахождение, растопил замерзший грунт и поместил извлеченный источник в специальный контейнер для его последующего захоронения.

До 2006 года для проведения спасательных работ использовались шведские и немецкие робототехнические комплексы. Приказом МЧС России №31 от 23.01.2006 года был образован научно-исследовательский центр робототехники, для разработки различных робототехнических систем.

Благодаря работе Центра уже на протяжении десяти лет создаются образцы мобильных роботов, осуществляется опытная эксплуатация в условиях повышенной опасности, проводится доработка роботов для повышения их мобильности и стойкости к поражающим факторам.

Актуальность. Аварийно-спасательные работы проводятся в условиях радиационного и химического заражения, задымленности. Чтобы снизить риск травматизма и гибели спасателей, а также облегчить разведку и поиск пострадавших в завалах, потерявшихся в тайге в МЧС России ведутся научно-исследовательские работы по созданию и усовершенствованию робототехнических средств. Своим творческим проектом «Робот-спасатель» мы хотим помочь решить эту серьезную проблему. В течение года мы вели работу по созданию и программированию модели будущего робота-спасателя.

Цели и задачи данного проекта:

Провести сравнительную характеристику существующих робототехнических систем, разработать модель робота-спасателя с описанием тактико-технических характеристик и предназначения.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

- изучить основные принципы построения робототехнических систем;
- изучить историю развития робототехнических комплексов в России, области их применения;
- провести классификацию типов РТК;
- вывести основные требования, которым должен соответствовать робот-спасатель;

- создать действующую модель робота с учетом требований;
- изучить объектно-ориентированный язык программирования NXT-G для возможности удаленного управления роботом и его автономной работы.

Принцип построения робототехнических систем

Робот, как машина состоит из двух основных частей – исполнительных систем и информационно-управляющей системы с сенсорами. В свою очередь исполнительные системы включают манипуляционную систему (обычно в виде механических манипуляторов) и системы передвижения, имеющиеся только у мобильных (подвижных) роботов.

Классификация роботов

Роботы классифицируются по:

•областям применения – промышленные, военные, спасательные, исследовательские;

•среде обитания (эксплуатации) – наземные, подземные, надводные, подводные, воздушные, космические;

•степени подвижности – стационарные, мобильные, смешанные;

•типу системы управления – программные, адаптивные, интеллектуальные;

•функциональному назначению – манипуляционные, транспортные, информационные, комбинированные;

•типу приводов – электрические, гидравлические, пневматические;

•типу движителя – гусеничные, колесные, колесно-гусеничные, полугусеничные, шагающие, колесно-шагающие, роторные, с петлевым, винтовым, водометным и реактивным движителями;

•конструктивным особенностям технологического оборудования (по числу манипуляторов);

•по грузоподъемности манипуляторов (сверхлегкие – до 1 кг, легкие – от 1 до 10 кг, средние – от 10 до 200 кг, тяжелые – от 200 до 1000 кг, сверхтяжелые – свыше 1000 кг);

•по системе координат рабочей зоны (линейная, угловая);

•типу источников первичных управляющих сигналов –электрические, биоэлектрические, акустические;

•способу управления – автоматические, дистанционно-управляемые (копирующие, командные, интерактивные, супервизорные, диалоговые), ручные (шарнирно-балансирные, экзоскелетонные);

•уровню универсальности – специальные, специализированные, универсальные;

•типу базовых элементов систем управления – пневматические, электронные, биологические.

Роботы-спасатели или робототехнические средства классифицируются по типам, как показано в Таблице 1.

Таблица 1.

Классификация и обозначение типов РТС

Тип РТС	Обозначение типа	Подтипы
РТС для работ в зоне радиационной аварии	РТС-Р	*Разведывательные:* разведка в зонах ЧС: визуальная, фотографическая, химическая, радиационная, тепловизионная, картографическая, видеоразведка. *Разведывательно-технологические и технолого-разведывательные:* разведка в зонах ЧС, сборочно-разборочные работы, транспортирование опасных грузов, подавление источника ЧС. *Технологические:* сборочно-разборочные работы, погрузка- разгрузка, транспортирование и переработка опасных материалов, очистка зон ЧС. *Разведывательные и разведывательно-технологические:* разведка пространства
РТС для работ в зонах химической и радиационной аварий	РТС-РХ	
РТС для работ с взрывоопасными предметами	РТС-В	
РТС для разведывательных и ликвидационных работ на пожарах и в зонах высоких температур	РТС-РП, РТС-П	
РТС для специальных подводно-технических и надводных работ	РТС-В	
РТС для выполнения антитеррористических операций	РТС-А	

		в зонах ЧС, поиск и ликвидация опасных объектов, охрана объектов, нейтрализация нарушителей, постановка радио-помех, дымовых завес, доставка в зону действий специальных средств.

Основные требование к изделию

Проанализировав области применения и технические особенности уже созданных робототехнических систем при создании модели нашего робота мы предъявили к нему ряд требований:

1. *Эстетические:* робот должен быть оригинальным, напоминающим по внешнему виду кран с манипулятором.

2. *Эксплуатационные:*

- гусеничное шасси с изменяемой геометрией, для эксплуатации робота в трудно-проходимых условиях,
- 3-х степенной манипулятор со схватом,
- система управления,
- возможность автономной работы,
- ультразвуковой датчик расстояния,
- цветовой сенсор (в реальных условиях видеокамера),
- прочная конструкция, так как работает по принципу погрузчика,
- возможность транспортировки грузов.

Практическая часть

Состав робототехнического комплекса

Одной из задач нашего проекта являлось создание рабочей модели робота. Эта задача была реализована с помощью платформы LEGO EV3. Платформа состоит из аппаратной и программной частей. Для программирования использовался объектно-ориентированный язык NXT-G.

В состав робототехнического комплекса входят:

- программируемый модуль EV3;
- 4 сервомотора: три для управления гусеничным шасси с изменяемой геометрией, один – для манипулятора со схватом;
- Bluetooth (или Wifi) модуль для удаленного управления роботом;
- ультразвуковой датчик расстояния для ориентирования в пространстве при автономной работе;
- цветовой сенсор (в реальных условиях должна использоваться видеокамера);
- датчик качания для быстрого запуска в автономном режиме;
- гусеничное шасси.

Управление роботом происходит благодаря программируемому модулю – Lego EV3. Это мини-компьютер, часто его называют «кирпич» или «Brick» из-за внешнего сходства.

Рис 1. Lego EV3

- Процессор — ARM9
- FLASH память — 16 мегабайт
- Оперативная память — 64 мегабайт
- Операционная система — Linux
- Слот расширения SD
- USB 2.0 (поддерживает USB Host, то есть можно использовать WiFi модуль)
- Bluetooth 2.1
- 4 порта ввода: 1, 2, 3, 4 (для подключения датчиков)
- 4 порта выхода: A, B, C, D (для подключения сервомоторов)
- Встроенный динамик

В качестве питания используется аккумулятор (может работать от 6 батареек AA)

Рис 2. Аккумулятор

Используемые датчики и моторы:

Цветовой сенсор	Датчик касания	Ультразвуковой датчик расстояния	Большой мотор
Распознает семь различных цветов и определяет яркость света.	Позволяет роботу реагировать на касания, распознает три ситуации: прикосновение, щелчок и освобождение	Цифровой ультразвуковой датчик EV3 генерирует звуковые волны и фиксирующий их отражения от объектов, тем самым измеряя расстояние до объектов.	Позволяет запрограммировать точные и мощные действия робота. Имеет встроенный энкодер (датчик угла поворота).

Программирование осуществлялось при помощи специальной графической программы NXT-G. Модуль EV3 имеет интеграцию с iOS и Android (робот может работать автономно, либо получать управляющие команды с планшета по Bluetooth или Wifi).

Ходовая часть

Робот - спасатель использует гусеничные шасси с изменяемой геометрией. Мощная ходовая часть осуществляется за счет двух сервомоторов и гусениц, насаженных на четыре колеса. Работу колес фиксируют закрепительные балки. Два сервомотора, подключенные к портам B и C позволяют ему двигаться в любом направлении. Третий сервомотор *D* служит для активизации дополнительного модуля шасси в случае преодоления препятствий в труднопроходимых условиях или для транспортировки габаритных грузов.

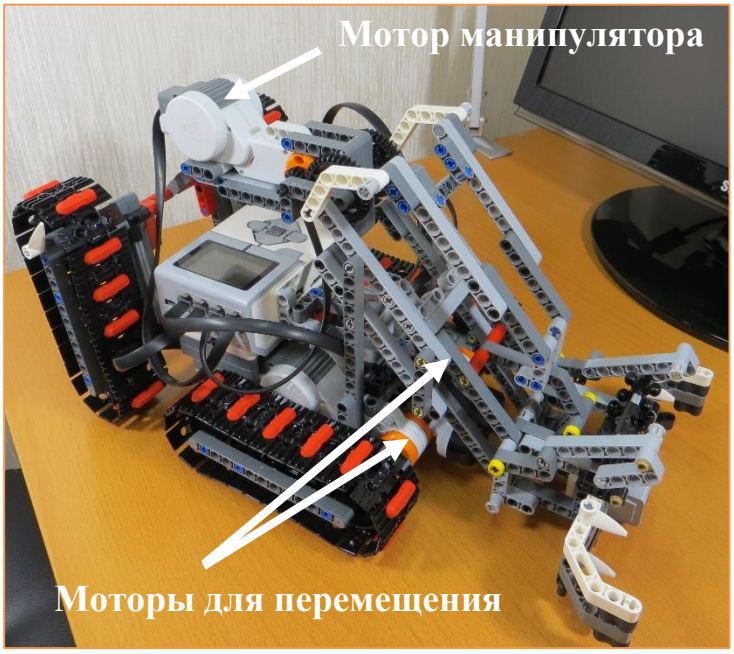


Рис 3. Общий вид

Манипулятор

Самая интересная часть робота - многофункциональный манипулятор. Обычно для захвата и подъема грузов требуется два мотора: один, чтобы захватить объект, а другой, чтобы поднять его.

Наш манипулятор, благодаря особой конструкции, использует для выполнения этих задач только один мотор *A*.

Механизм захвата

Рисунок 4 показывает, как Спасатель захватывает объекты. Сервомотор вращается вперед, малое зубчатое колесо (обозначено 1) заставляет большое зубчатое колесо (2) вращаться в направлении, показанном стрелкой на рисунке. Это вращение запускает цепную реакцию движения балок, которое, в конечном счете, приводит к захвату манипулятором объекта, расположенного между его «пальцев» (6). Когда мотор вращается назад, происходит обратное действие и захват открывается. Балки 3, 4, 5 просто передают вращательное движение мотора захвату. Благодаря этим балкам манипулятор может открывать и закрывать «пальцы». Конструкция 4 связывает балки 3 и 5 для плавности хода.

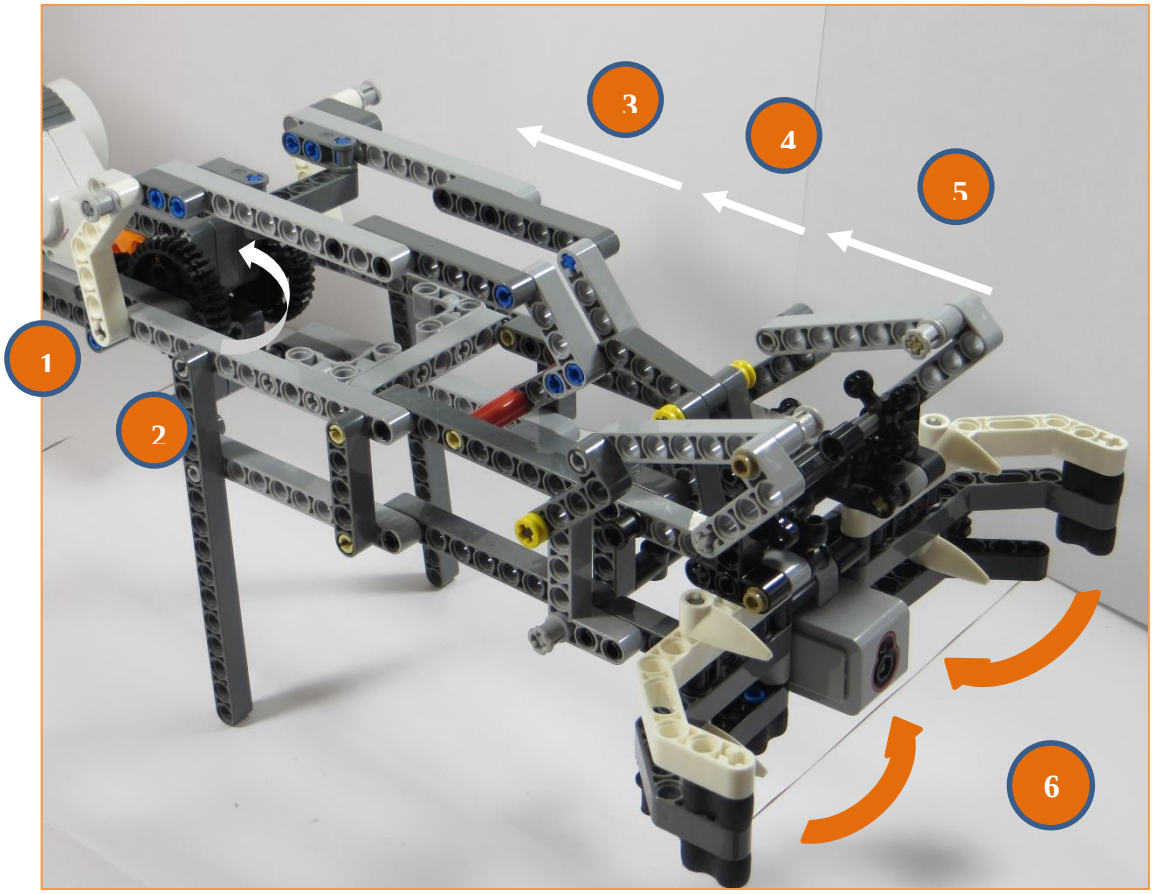


Рис 4. Движение мотора манипулятора вперед

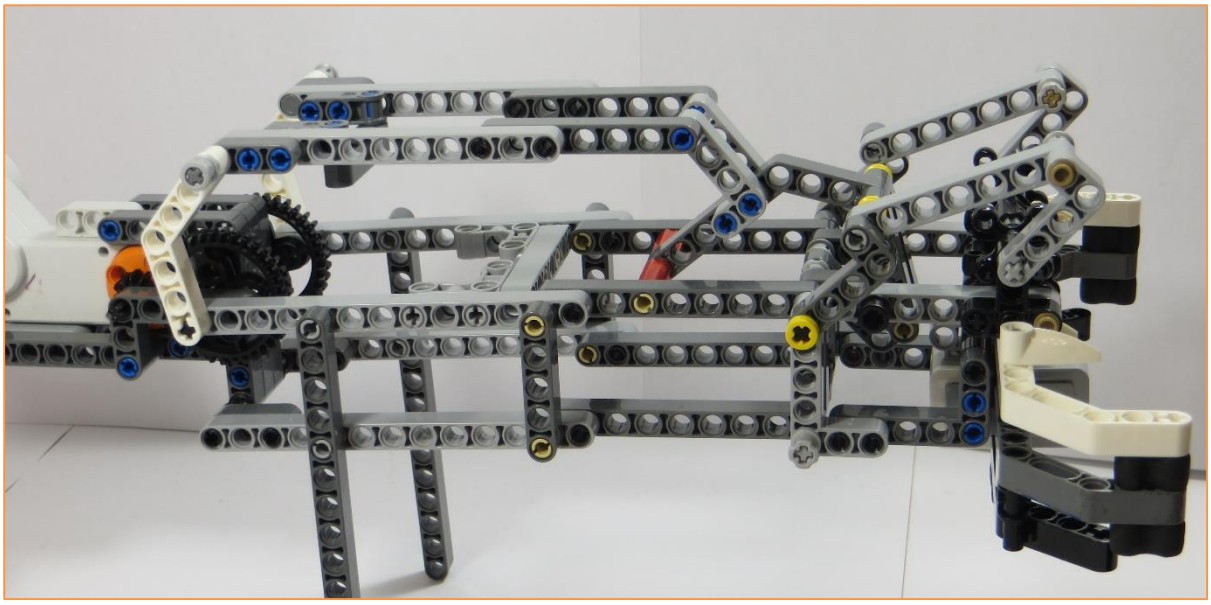


Рис 5. Манипулятор Вид сбоку

Подъемный механизм

После того, как робот-спасатель схватил объект, он может поднять его. Для подробного объяснения подъемного механизма, рассмотрим упрощенную модель.

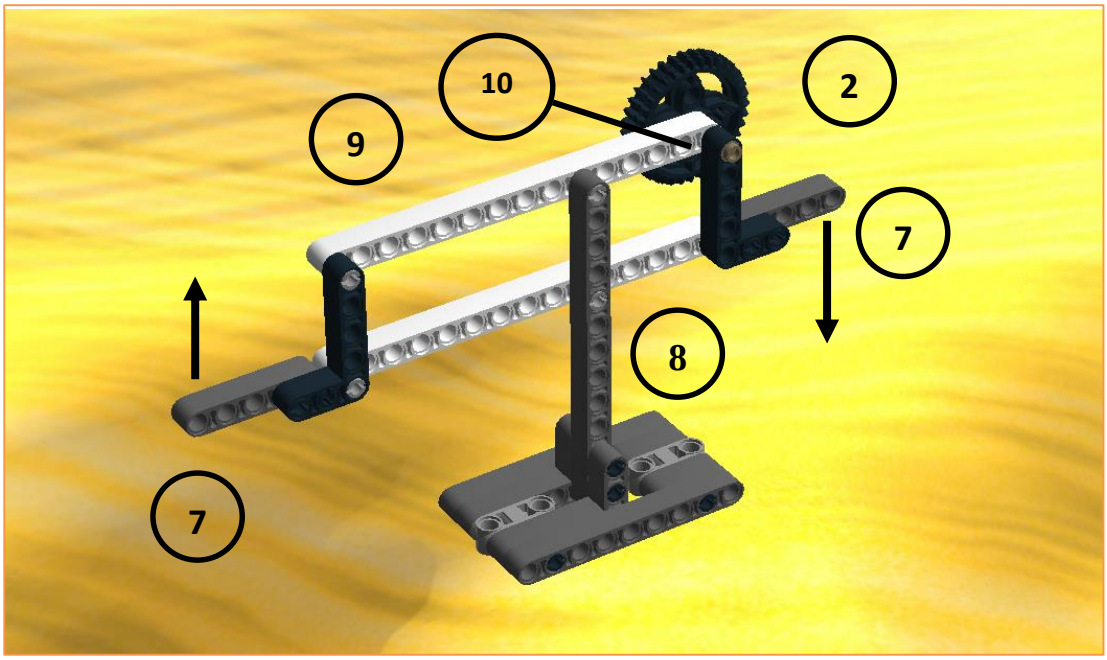


Рис 6. Упрощенная модель подъемного механизма

Как можно заметить, когда приводится в движение большое зубчатое колесо (2), например рукой, балки под номерами (7), которые представляют захват и мотор, начинают двигаться. В направлении, как указано серыми стрелками. Однако, несмотря на движение эти части конструкции (7), остаются параллельны

поверхности, и балка под номером 8 - остается перпендикулярна поверхности. Так происходит благодаря тому, что зубчатое колесо не перемещается относительно балки под номером (9). Так как они соединены между собой штифтом (10) и образуют неподвижную конструкцию. Таким образом, поворачивая зубчатое колесо (2) мы приводим в движение балку (9).

После того, как робот схватил объект, части обозначенные (10) больше не двигаются. Вместо этого они фиксируются и перемещаются уже вместе с балками, обозначенными (9). Т.е. робот может поднять объект. Это возможно благодаря тому, что с одной стороны зубчатое колесо (2) соединено захватом (10), но оно также соединено с балками, обозначенными (9).

Программирование

Мы подключили созданную модель робота-спасателя к компьютеру через USB, чтобы запрограммировать.

Программа позволяет роботу находить объекты, захватывать их, поднимать, перемещать. А так же идентифицировать объекты по цвету. Робот может управляться удаленно человеком, посредствам пульта управления или телефона, используя Bluetooth соединение или Wifi. Также предусмотрена возможность автономной работы. Ниже мы рассмотрим процесс программирования автономной работы, так как это более трудоемкий и сложный этап нашего проекта.

Каждая задача выполняется роботом автономно, без участия человека. Мы использовали ультразвуковой датчик для поиска объектов, мотор для захвата. После того, как объект зафиксирован и поднят, цветовой сенсор определяет его цвет. Наконец, робот будет поворачиваться, а затем опускать объект в другом месте. На рисунке ниже показан алгоритм работы робота.

В программе используется большое количество графических блоков. Чтобы не запутаться и не приводить громоздкую программу, мы разбили весь процесс на подпрограммы:

Подпрограмма «захват»

Эта подпрограмма дает роботу возможность захватить объект, находящийся между его «пальцами» и поднять его. Если робот не смог захватить объект, он просто закрывает захват и поднимает манипулятор.

Манипулятор будет подниматься до тех пор, пока не активирует (коснется) датчик касания, находящийся под ним.

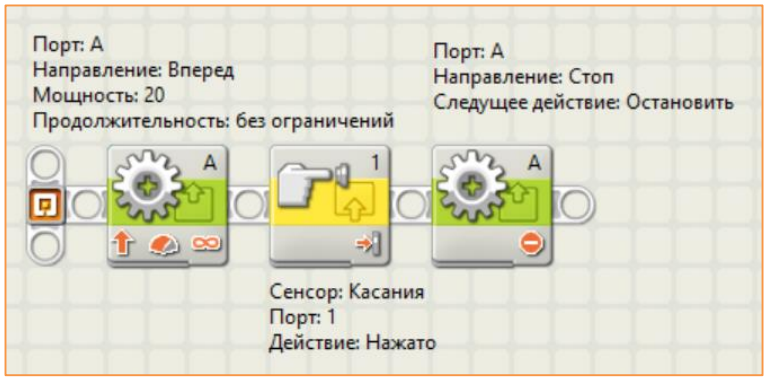


Рис 7. Подпрограмма «Захват»

Подпрограмма «Отпустить»

Эта подпрограмма опускает манипулятор и открывает «пальцы» робота. Она должна быть написана после того, как манипулятор был поднят.

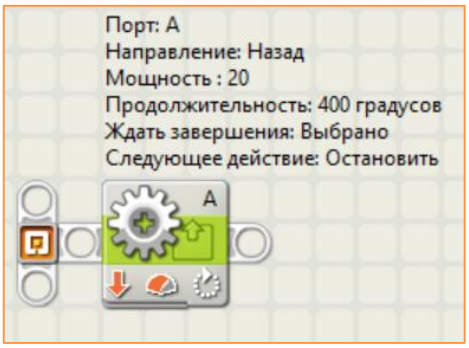
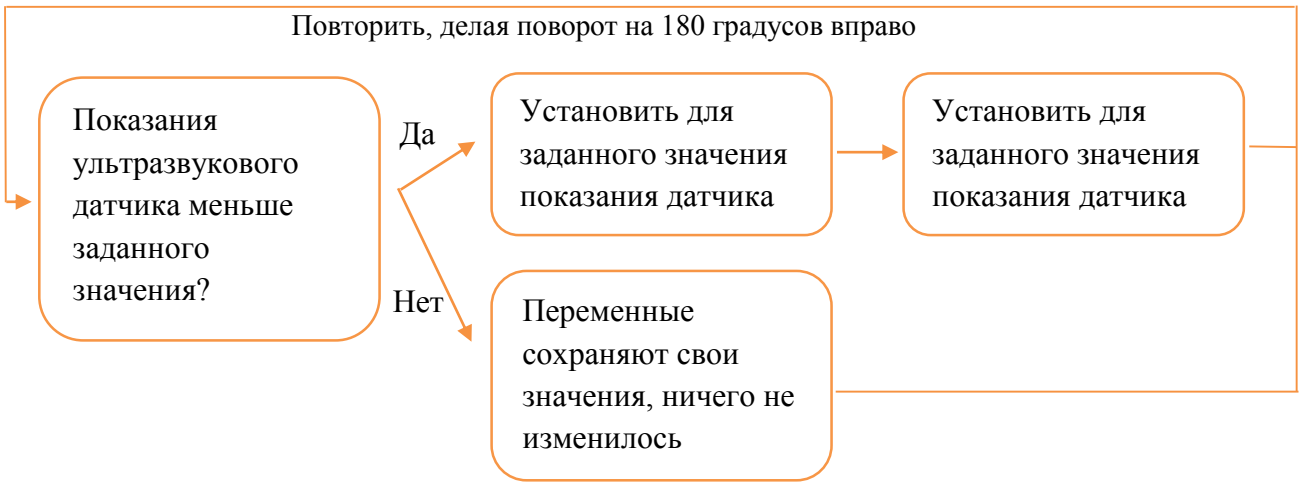


Рис 8. Подпрограмма «Отпустить»

Подпрограмма «Поиск объекта»

На схеме показан алгоритм поиска объектов.



Когда объекты определены, робот ищет объект, поворачиваясь направо. После сканирования, поворачивается в противоположном направлении до той точки, где был зафиксирован ближайший к нему объект. И направляется к нему. Ультразвуковой датчик постоянно измеряет расстояние до объекта. Наименьшее значение записывается в переменную *Closest*. Изначально, можно для этой переменной установить значение 256 см. (так как датчик не может ничего измерить дальше).

Каждый раз, после измерения расстояния до объекта сравнивается полученное значение со значением, хранящимся в переменной. И, если оно оказывается меньше, старое значение стирается и в переменной сохраняется новое показание датчика. Таким образом, робот будет помнить только расстояние до ближайшего объекта.

Когда робот поворачивает, меняются значения встроенных датчиков угла поворота. Так как необходимо помнить где, в каком положении был найден ближайший объект, значение этих датчиков мы тоже сохраняем. Мы сохраняли значение датчика угла поворота для мотора *C* в переменной *Direction.*

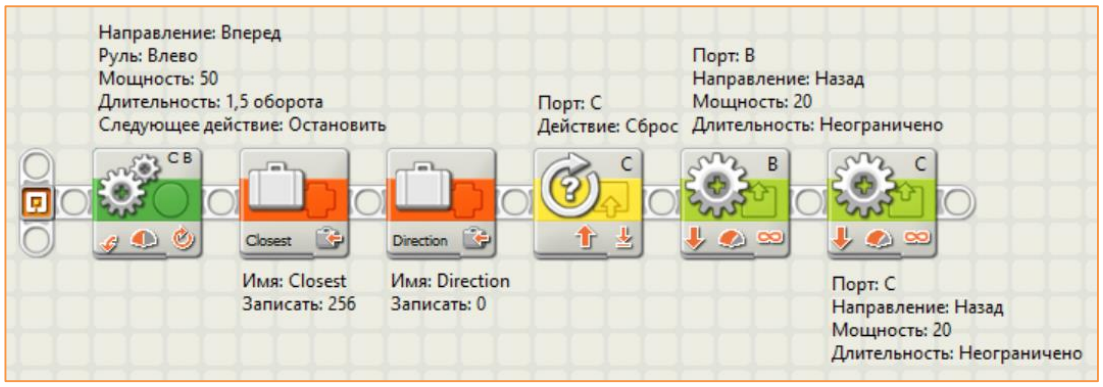


Рис 9. Подпрограмма «Поиск объекта».
Робот вращается влево, инициализирует переменные, обнуляет датчик угла оборота мотора C и начинает поворачиваться направо

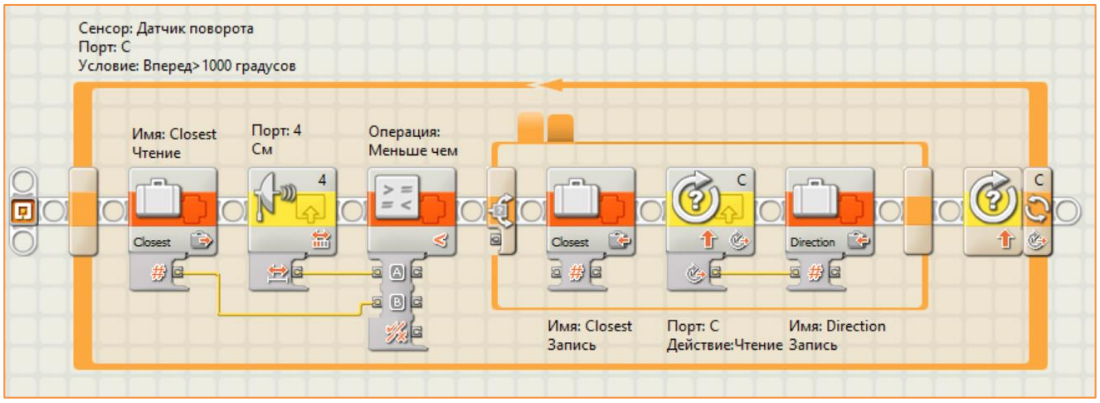


Рис 10. Подпрограмма «Поиск объекта»
Эти блоки организуют обнаружение объектов.

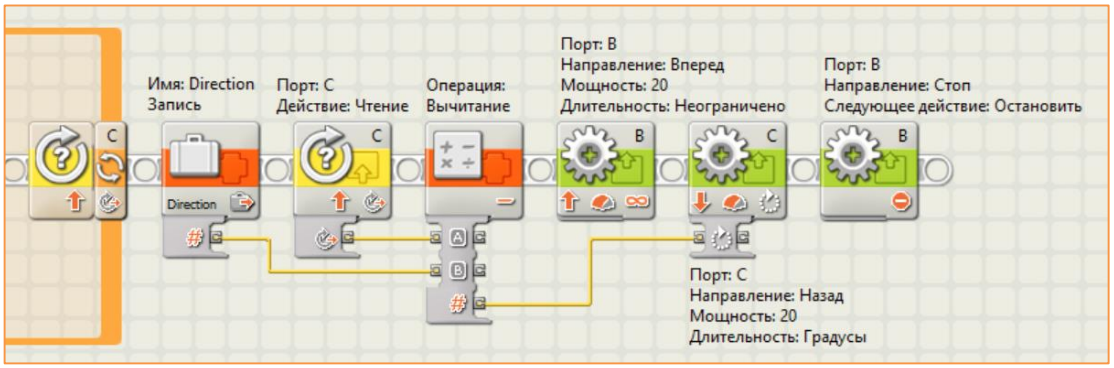


Рис 11. Подпрограмма «Поиск объекта»
После завершения поиска, эти блоки возвращают робота к месту, где он увидел ближайший объект.

Подпрограмма «Движение к ближайшему объекту»

Подпрограмма отвечает за движение к найденному ближайшему объекту, основываясь на ранее измененном расстоянии до него. Если объект находится далеко, робот будет двигаться дальше, пока не приблизится к нему. Для этого

блок «Математика» умножает значение переменной *Closest* на 45 и передает результат моторам в раздел Длительность.

Окончательный вариант программы представляет собой собранные воедино вышеописанные подпрограммы, в зависимости от поставленной задачи.

Назначение

Робот-спасатель предназначен:

- прокладки кабеля;
- проведение погрузочно-разгрузочных работ;
- транспортировки предметов в мягких и жестких оболочках;
- обнаружения и обезвреживания предметов, подозреваемых на взрывное устройство;
- проведение аварийно-спасательных работ;
- проведение взрыво-технических работ;
- работа в помещениях ограниченного объема.

Наша модель – это попытка помочь решении проблемы обеспечения безопасности спасателям при проведении аварийно-спасательных работ.

В процессе работы над проектом выяснилось, что робот не может поднимать тяжелые предметы, так как сервомотор рассчитан на небольшую мощность. Поэтому данное робототехническое устройство можно использовать при работах по обезвреживанию территории от радиоактивных веществ, самодельных и заводских взрывных устройств малого веса.

Вывод

Работа над проектом показала следующие *возможности реализации идеи:* при использовании робота в реальных условиях он должен быть оснащен видеокамерой с обзором на 240 градусов, с помощью которой спасатели смогли бы видеть, что находится вокруг робота. Размеры робота-спасателя должны быть не очень большими (примерно в два раза меньше среднего человеческого роста), чтобы была возможность проникать в небольшие проемы, разломы. Для передвижения по неровным поверхностям каждую гусеницу необходимо снабдить отдельными электродвигателями, которые могли бы работать как в синхронном, так и несинхронном режимах. Манипулятор должны обладать большой силой, для возможности подъема грузов в несколько раз превышающей массу самого робота. Самой главной функцией «рук» робота-спасателя должна быть возможность безболезненного захвата пострадавшего для его дальнейшей транспортировки в безопасное место. В зависимости от модификации робота можно снабдить различными сменными инструментами и функциями (сверление, резка, отбойный молоток и т.д.)

Экономический эффект от внедрения: на разработку и внедрение устройства потребуется значительное вложение средств, однако после успешных испытаний роботом-спасателем с большой долей вероятности заинтересуются многие страны. От экспорта можно будет получать большую прибыль. Но самый главный эффект от внедрения – это тысячи спасенных жизней.

Возможные риски для внедрения идеи: большие вложения на стадии разработки и испытаний, дороговизна материалов и деталей. Требуются особые технические и интеллектуальные условия для реализации проекта.

Мы видим большие перспективы развития роботостроения в создании роботов-спасателей. Планируем в дальнейшем, продолжить работу над модернизацией робота-спасателя. Считаем, что наш пример привлечет других суворовцев нашего училища для участия в этой интересной и важной работе.

Список использованной литературы, интернет ресурсы

1. Википедия http://ru.wikipedia.org
2. Valk, Laurens «The Lego Mindstorms NXT 2.0 discovery book: a beginner's guide to building and programming robots», 298 с., 2010 г.
3. David J.Perdue with Valk, Laurens «The Unofficial Lego Mindstorms NXT 2.0 inventor's guide», 310с., 2011 г.
4. С.А. Филиппов «Робототехника для детей и родителей», С-Пб «Наука», 2011г.
5. Terry Griffin «The Art of Lego Mindstorms MXT-G» programming, 262с., 2010г.
6. М.С. Федонов, Р.Р. Шарафиев «Проектирование и применение робототехнических средств при проведении аварийно-спасательных работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций» http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C52/110.pdf
7. Д.Г. Копосов «Первый шаг в робототехнику: практикум для 5-6 классов», М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2012 г.