



Клуб электроники и робототехники
«ПЕРВЫЙ РОБОТ»

Всероссийские робототехнические соревнования
«ИНЖЕНЕРНЫЕ КАДРЫ РОССИИ»



СЕЗОН 2019-2020

ИНЖЕНЕРНАЯ КНИГА

**Автоматизация участка упаковки готовой продукции
кабельного завода**

Команда «ПЕРВЫЙ РОБОТ»

Состав команды: Белянин Артемий – 6 класс
Лосев Кирилл – 3 класс
Романюк Игорь – 5 класс
Тренер: Петров Олег Сергеевич – Клуб
электроники и робототехники «Первый робот»

г. Орел, 2020 год.

Оглавление

1. Визитка команды «Первый робот»	3
2. Идея и общее содержание проекта	6
3. Взаимодействие с предприятием	8
4. Технологическая часть проекта	15

1. Визитка команды «Первый робот»

Команда «Первый робот» представляет Орловскую область и свой одноименный Клуб электроники и робототехники «ПЕРВЫЙ РОБОТ» в городе Орле.

Орёл — город, возникший на месте слияния реки Оки и её притока Орлика. По указу Ивана Грозного в 1566 году здесь была заложена крепость для защиты от крымских татар, положившая начало удивительному городу. В честь реки Орлик город и получил своё название.



Городу Орлу присвоено звание «Город воинской славы», а также Орел «Город первого салюта».

Орёл по праву носит неофициальный титул одной из литературных столиц России. Улицы и площади города хранят память о великих мастерах слова И.С. Тургенева, Н.С. Лескова, А.А. Фета, М.М. Пришвина, И.А. Бунина и Л.Н. Андреева. Население Орла чуть более 300 тысяч человек, но его литературное наследие может охватить всю Россию.

Ведущими отраслями промышленности Орловской области являются:

- металлургия;
- машиностроение;
- приборостроение ;
- промышленность строительных материалов.



Клуб электроники и робототехники «ПЕРВЫЙ РОБОТ» расположен на площади Мира в самом центре города Орла, напротив Сквера Танкистов - одного из красивейших мемориалов города.

«ПЕРВЫЙ РОБОТ» производит набор детей с 6 лет, что позволяет «выращивать» инженерные кадры почти с «пелёнок».

Клуб электроники и робототехники «ПЕРВЫЙ РОБОТ»

В клубе дети занимаются конструированием, моделированием и программированием роботов, изучают электронные компоненты и основы электроники, разрабатывают модели на образовательных конструкторах и современной компонентной базе, развивают алгоритмическое мышление, приобретают навыки совместной работы, умение аргументированно представить свою точку зрения.

Участники команды «Первый робот» учатся в разных школах, но их объединяет одно любимое увлечение.



Тренер и наставник команды

Петров Олег Сергеевич, руководитель и старший инструктор Клуба электроники и робототехники «Первый робот». Орел, Пл.Мира, 3,
тел. 8-960-644-34-90, <https://1robot.club> , petrols@mail.ru

Участники

1. Белянин Артемий, главный программист и капитан команды, ученик 6 класса МБОУ Лицей №4 имени героя Советского Союза Г. Б. Злотина города Орла. Артемий увлекается компьютерными играми. Любит слушать современную музыку. Занимается робототехникой 2 года. До недавнего времени занимался лёгкой атлетикой, но интересы меняются по мере взросления.

Клуб электроники и робототехники «ПЕРВЫЙ РОБОТ»

2. Лосев Кирилл конструктор команды, ученик 3 класса МБОУ СОШ № 11. Занимается робототехникой 3 года. Кирилл мечтает получить Нобелевскую премию в области робототехники, любит конструировать, программировать и паять. Изучает английский язык, занимается карате.
3. Романюк Игорь, конструктор и программист команды, ученик 5 класса МБОУ СОШ № 51 города Орла. Игорь увлекается робототехникой, конструированием и инженерным делом, любит рисовать, закончил 2 класса музыкальной школы по классу баяна. Воспитанник Молодежного спортивного военно-патриотического центра «Десантник».

2. Идея и общее содержание проекта

Актуальность, проблематика

В современном производстве понятие «автоматизация» стало одним из важнейших в процессе организации производственного процесса. Увеличение объёма выпуска продукции и снижение ее себестоимости неизбежно связаны с автоматизацией производственных процессов. Актуальность проблемы автоматизации производства в промышленности заключается в том, что автоматизация производственных процессов является одним из ключевых звеньев в общей системе функционирования и развития любого современного предприятия. Автоматизация производства влечет за собой повышение производительности труда, рост объёмов выпуска продукции, повышение качества продукции, сокращение доли человеческого труда в производственном процессе.

Высокая трудоемкость процесса упаковки, слабая автоматизация ввиду сложности и дороговизны механических и электронно-программных систем автоматизации подобных систем. Как следствие значительные затраты времени и человеческих ресурсов.

Цель и задачи

1. Изучить «узкие места» и определить потребность в автоматизации процесса упаковки.
2. Разработать общую концепцию по автоматизации процессов упаковки кабельной продукции.
3. Создать прототип автоматизированного Участка готовой продукции кабельного завода.

План работ

- Посетить предприятие ООО «Кабельный Завод «ЭКСПЕРТ-КАБЕЛЬ», познакомиться с техническими специалистами предприятия.
- Проанализировать процесс упаковки кабельной продукции, совместно со специалистами определить узлы для автоматизации производства.
- Разработать и согласовать концепцию процесса автоматизации упаковки кабеля.

Клуб электроники и робототехники «ПЕРВЫЙ РОБОТ»

- Проанализировать технические и практические возможности конструктора LEGO MINDSTORMS для прототипирования линии автоматизации предприятия.
- Смоделировать и запрограммировать линию роботизации упаковки кабеля.

3. Взаимодействие с предприятием

Знакомство с историей предприятия

ООО «Кабельный Завод «ЭКСПЕРТ-КАБЕЛЬ» располагается в г. Орёл на территории Индустриального Парка “Орёл“. Завод основан 01 апреля 2014 года на площадях бывшего советского сталепрокатного завода. Предприятие начало своё развитие с площади в 5 000 кв. м., и к началу 2019 года имело уже более 20 000 кв. м. складских и производственных площадей. На сегодняшний день ООО «КЗ «ЭКСПЕРТ-КАБЕЛЬ» молодое, высокотехнологичное и многофункциональное производственное предприятие полного цикла.



Среди основных направлений деятельности компании можно выделить:

- **Медеплавильное производство.** В 2016 году реализован проект цеха по переработке меди. Запущен процесс восходящего непрерывного литья по технологии Urcast. Налажено серийное производство катанки диаметром от 8 до 25 мм из бескислородной меди марки М00 (химический состав по ГОСТ 859-2001). Производительность линии до 12 000 тонн в год;

- **Металлопрокат.** Также в 2016 году была установлена линия длинномерного металлопроката методом непрерывной экструзии Conform - 500. Таким образом, был реализован процесс изготовления медных профилей различной формы. Налажен серийный выпуск медных шин по ГОСТ 434-78 из меди марки до М00. Диапазон сечений от 200 до 3800 мм и ширина до 240 мм;

- **Кабельно-проводниковая продукция.** В распоряжении завода более 50 современных производственных линий от ведущих мировых производителей с возможностью ежемесячной переработки до 1 000 тонн меди и 800 тонн алюминия в месяц.



Предприятие планомерно ведет модернизацию и расширение производственного парка оборудования. Каждый этап технологии выпуска готовой продукции автоматизирован и имеет строгий контроль от момента подбора сырья до передачи на склад. Собственная развитая измерительная и испытательная лаборатория обеспечивает проведение всех видов испытаний в процессе разработки и производства кабельных изделий.

Партнерами ООО «КЗ «ЭКСПЕРТ-КАБЕЛЬ» являются крупные российские предприятия энергетики, нефтегазовой, нефтехимической, строительной отраслей, предприятия сфер обслуживания подвижного железнодорожного состава, метро и социальных объектов, Министерство обороны и Министерство внутренних дел РФ.

Знакомство с технологией основного производства

В целом технологический процесс выглядит следующим образом:

1. На начальном этапе производится изготовление и обработка медной катанки 8 мм, из которой затем изготовят токопроводящие жилы. Обработка катанки производится с помощью волочильных станков с приставкой отжига на проход – специальных машин, которые под давлением протягивают катанку через отверстие (волоки), сечение которого меньше поперечного сечения катанки и задается оператором линии. В результате диаметр проволоки уменьшается, а длина – увеличивается. Сама же операция называется волочением.



2. Далее проволоки подаются на крутильные машины, которые скручивают их в стренгу согласно карте эскизов (согласно конструкции токопроводящей жилы заготовки), из которой и будут изготовлены многопроволочные токопроводящие жилы. Конкретный тип скрутки и направление определяются необходимыми эксплуатационными характеристиками производимого кабеля – требуемой гибкостью (до 6 класса), прочностью на растяжение, сопротивлению токопроводящей жилы и т.д. На крутильной машине рамочного типа осуществляется производство многопроволочных круглых (МК) и секторных (МС) токопроводящих жил, на машине сигарного типа осуществляется производство многопроволочных круглых (МК).

3. На крутильных машинах бугельного типа осуществляется скрутка изолированных жил сечением с 10 мм^2 по 240 мм^2 , а также наложение экрана из алюминиевой фольги с продольным наложением медной проволоки, на машине сигарного типа осуществляется скрутка изолированных жил сечением с $1,5 \text{ мм}^2$ по 6 мм^2 . Машины двойной скрутки осуществляют скрутку изолированных жил сечением с $1,5 \text{ мм}^2$ по 4 мм^2 . На крутильной машине общей скрутки типа Драм-твистер изолированных секторных и круглых жил, наложение водоблокирующих лент, проволочного экрана с наложением медных лент, наложение проволочной брони. На крутильной машине пучковой скрутки (машине двойной скрутки) осуществляется скрутка стренг для гибких проводов и кабелей (3-6 класса гибкости).

4. На лентообмоточных линиях вертикального и горизонтального исполнения осуществляется наложение слюдосодержащих лент на токопроводящую жилу для огнестойких кабелей со значком FR сокращенно от fire-resistant (огнестойкий кабель).

5. После этого с установленной на отдатчике катушки кабельная жила подается на экструзионную линию – комплекс, который используется для наложения изоляции, оболочки из пластмассы (ПВХ) на токоведущую жилу. Комплекс состоит из отдающего и принимающего устройства, экструдера, охлаждающей ванны (для охлаждения кабеля) и различными контрольно-измерительными приборами и испытательными аппаратами. В качестве сырья для нанесения изоляции и оболочки на токоведущую жилу завод использует гранулы смеси из поливинилхлорида и добавок различного рода (стабилизаторов, пластификаторов и др.) Сам процесс экструдирования проходит следующим образом: отдающее устройство подает стренгу или кабельную жилу в экструдер, обеспечивая при этом постоянное равномерное натяжение, натяжителем, который установлен перед головкой экструдера. Нагревание экструдера происходит электрическими нагревательными в температурном диапазоне от 100°C до 150°C по зонам нагрева. В экструдере предварительно расплавленная пластмасса выдавливается через кольцевой зазор и накладывается на токоведущую жилу. После экструдера находится охлаждающая ванна с водой, длина которой должна быть достаточно большой, чтобы кабельная жила успевала охладиться до 70°C при нормальной скорости экструдера. Недостаточное охлаждение жилы может привести к деформации изоляции, оболочки или смещению жилы. Далее жилу подвергают обсушке (сушка кабеля), проверяют качество изоляции повышенным напряжением (установка пробойная высоковольтная) и подают на тяговое устройство, а далее – на приемное устройство наматывания кабеля на катушку.



6. После этого готовые изолированные жилы скручиваются в кабель. Если направление скрутки жил такое же, как и направление скрутки проволок в наружном повороте самих жил, то такую скрутку называют скруткой в закрутку. Эта операция, как и скрутка проволок, выполняется с помощью крутильных машин. На линиях наложения брони (бронеобмотчик) осуществляется наложение стальной оцинкованной ленты на кабель. После скрутки заготовка кабеля снова поступает на экструзионную линию, где на нее накладывается оболочка из ПВХ.



7. Затем на оболочку кабеля наносится маркировка (Завод изготовитель, марка кабеля, напряжение, ГОСТ или ТУ завода, страна и год производства) путем печати на специализированном струйном принтере.



8. После этого уже готовый кабель подается на линии бухтования и перемотки кабеля заданного метража согласно заказа клиента.



Консультации со специалистами предприятия

Большую помощь в понимании технических аспектов работы предприятия нам оказал Ходырев Дмитрий Николаевич, главный инженер ООО "Кабельный Завод "ЭКСПЕРТ-КАБЕЛЬ».



Дмитрий Николаевич работает на предприятии с 9 сентября 2014 года. Начал свою карьеру на производстве в должности гл. Энергетика, через год был повышен до гл. Инженера. Отдел главного инженера занимается монтажом, обслуживанием, модернизацией электрооборудования (установок) для изготовления проводов и кабелей, а также благоустройством территории, ремонтом зданий и сооружений предприятия.

4. Технологическая часть проекта

Цели и задачи проекта

Смоделировать роботизированный участок кабельного завода. На участке готовой продукции (УГП) осуществить маркировку, разбухтовку кабеля по заданной длине в бухты или на деревянные барабаны, упаковать для отгрузки заказа клиенту.

План работы над проектом

1. Составить последовательность действий команды по реализации задач проекта.
2. Выработать схему размещения механизмов на автоматизированном участке
3. Сконструировать устройство Роботизированного участка.
4. Запрограммировать устройства Роботизированного участка.
5. Привлечь экспертов предприятия для оценки и экспертизы нашего проекта.
6. Создать план защиты проекта и разработать презентацию проекта.

Распределение задач в команде

- Белянин Артемий – Программирование Роботизированного Конвейера, Автоматических ворот, сбор информации для инженерной книги;
- Романюк Игорь - конструирование Роботизированного Конвейера и Автоматического Шлагбаума.
- Лосев Кирилл - конструирование и программирование Робота-перевозчика;
- Тренер - оказывает помощь всем участникам команды, так как ребята впервые участвуют в таком большом совместном проекте. Основные сложности возникали в процессе оформления технической документации, как правило, из-за недостатка опыта и знаний.

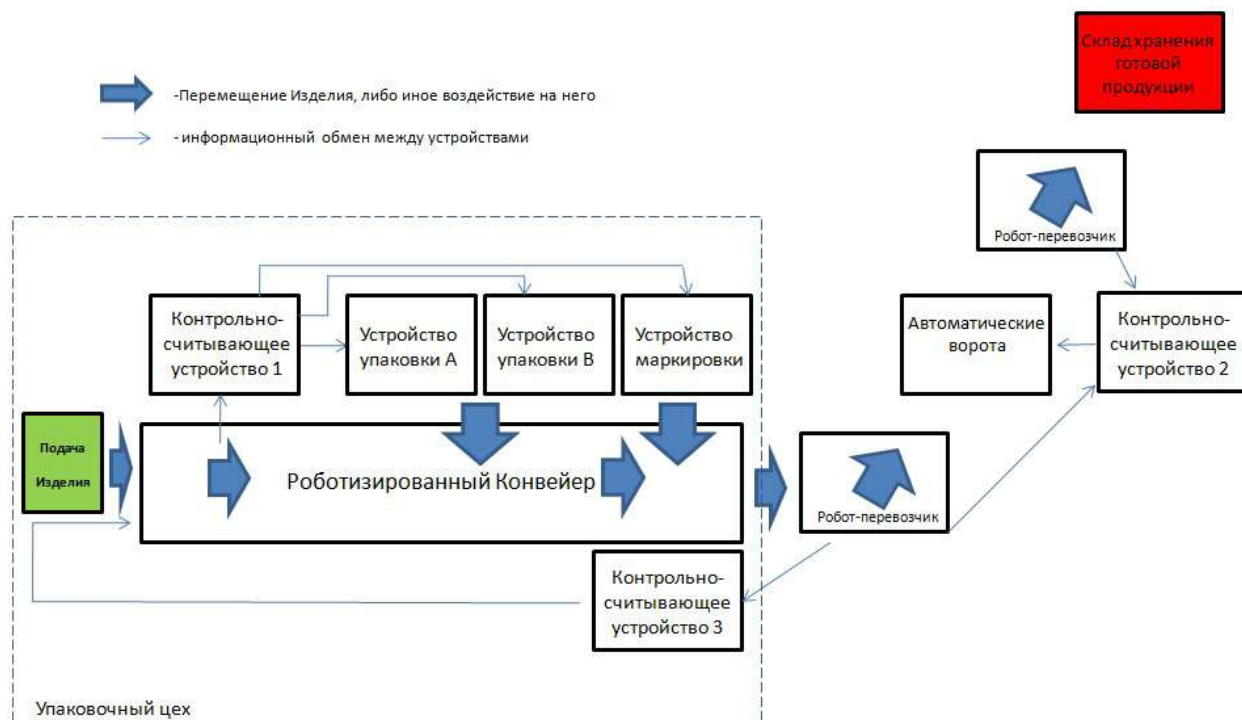


Устройства для решения поставленной задачи

В процессе работы над проектом были смоделированы следующие механизмы и роботы:

1. Робот-конвейер, осуществляющий перемещение изделия (модель бухты кабеля) по цеху, его маркировку и упаковку. В процессе движения изделия по конвейеру осуществляется световая сигнализация.
2. Механизм погрузки изделия на транспортное средство.
3. Автономный Робот - перевозчик, осуществляющий перемещения с участка перемотки, бухтовки и упаковки кабеля на склад готовой продукции по территории предприятия.
4. Автоматические ворота, оборудованные автоматикой контроля за движением

Схема размещения механизмов на автоматизированном участке и их взаимодействие



Роботизированный Конвейер Упаковочного цеха находится в режиме ожидания. Контрольно-считывающее устройство 1, оснащенное датчиком цвета, фиксирует поступление детали на Конвейер и определяет тип изделия (в нашем случае – цвет). Происходит запуск Конвейера и перемещение изделия. От типа Изделия (цвета) зависит, какое Устройство упаковки (А или В) будет на него воздействовать. После соответствующей упаковки изделие перемещается по Конвейеру до Устройства маркировки продукции.

Промаркированная продукция с Конвейера передается Роботу-перевозчику, который осуществляет перемещение упакованного изделия по территории предприятия на Склад готовой продукции.

По пути следования Робот-Перевозчик проезжает через Автоматические ворота, работой которых управляет Контрольно-считывающее устройство 2 (ультразвуковой датчик расстояния).

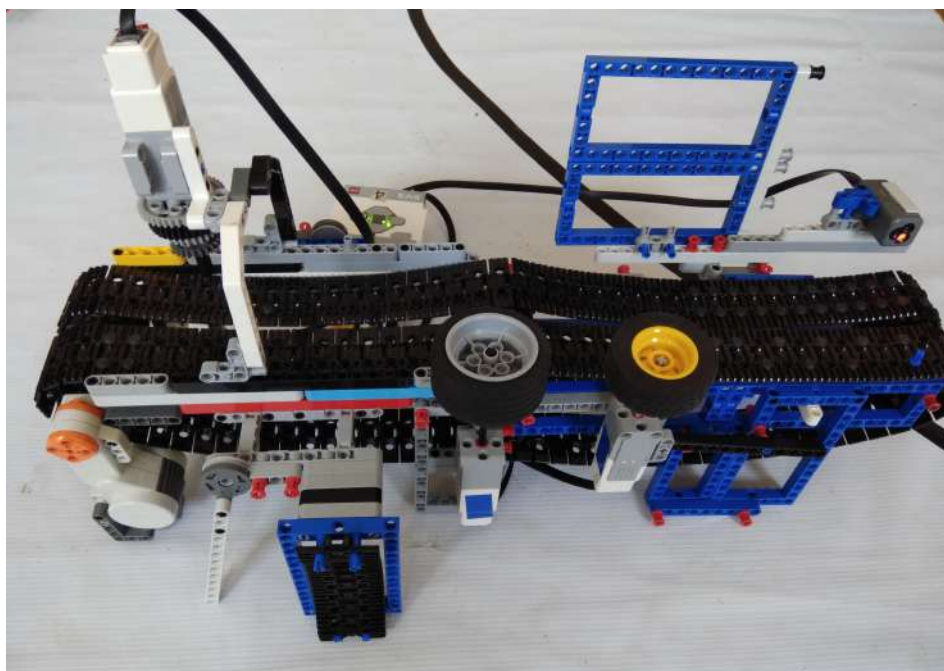
После выгрузки упакованного Изделия на Склад готовой продукции Робот-перевозчик возвращается в Упаковочный цех. Его прибытие фиксирует Контрольно-считывающее устройство 3 (ультразвуковой датчик расстояния) и дает команду (звуковой сигнал) на подачу очередного Изделия на конвейер для упаковки.

Описание конструкции устройств

Все устройства и механизмы собраны с использованием образовательных наборов LEGO MINDSTORMS EV3 (45544) и LEGO MINDSTORMS NXT.

1. Роботизированный Конвейер

Роботизированный Конвейер выполняет следующие функции: определение типа (цвета) изделия, его последующая упаковка и маркировка.



Для выполнения всех этих задач устройство содержит следующие модули:

- Интеллектуальный модуль EV3 – содержит программное обеспечение, управляющее работой участка;
- Большой мотор – 1 шт. Приводит в движение конвейерную ленту;
- Средний мотор – 3 шт. Два мотора имитируют барабаны для подачи упаковочного материала 2-х видов, в зависимости от типа (цвета) изделия. Третий мотор используется для привода механизма маркировки;
- Датчик цвета – 1 шт. Фиксирует появление изделия на конвейере и определяет его тип.
- Датчик расстояния – 1 шт. Фиксирует приближение Робота-перевозчика для подачи команды на подготовку следующего изделия;

2. Робот-перевозчик

Осуществляет перевозку готовой продукции от Упаковочного Цеха до Склада готовой продукции. Движение происходит по криволинейной траектории, обозначенной черной линией.



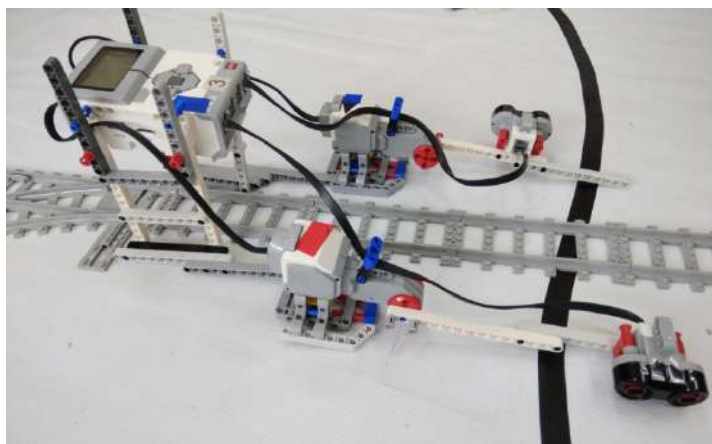
Выгрузка изделий на Складе готовой продукции по принципу самосвала. Устройство имеет постоянный полный привод, реализованный с использованием 2-х Больших моторов и шестеренчатой передачи, позволяющей передать вращение на два дополнительных колеса. Грузовой отсек имеет конструкцию самосвала, приводится в движение Большим мотором. Выгрузка изделия происходит автоматически после достижения Склада готовой продукции, после чего Робот-перевозчик возвращается в Цех упаковки.

На борту:

- Интеллектуальный модуль EV3. Содержит программное обеспечение робота;
- Большой мотор – 3 шт: Движение Робота – 2 мотора, привод кузова-самосвала – 1 мотор;
- Датчик цвета – 2 шт. Используются для движения по линии остановки в контрольных точка (стоп-линия);
- Ультразвуковой датчик расстояния – 1 шт. Остановки в контрольных точках;

3. Автоматические ворота

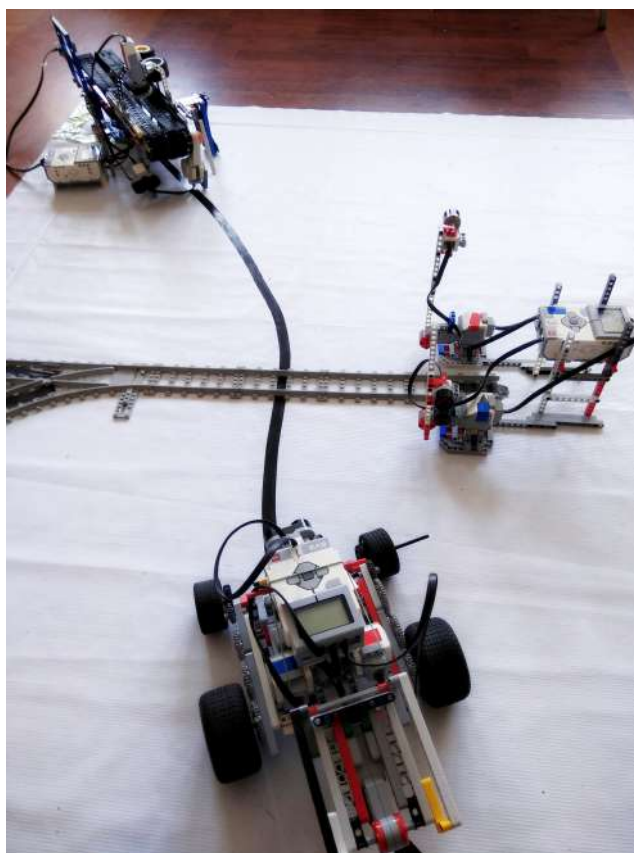
Работой Автоматических ворот управляет Контрольно-считывающее устройство на базе ультразвукового датчика расстояния.



При приближении Робота-перевозчика, как с прямой, так и с обратной стороны ворота открываются на заданное время.

На борту:

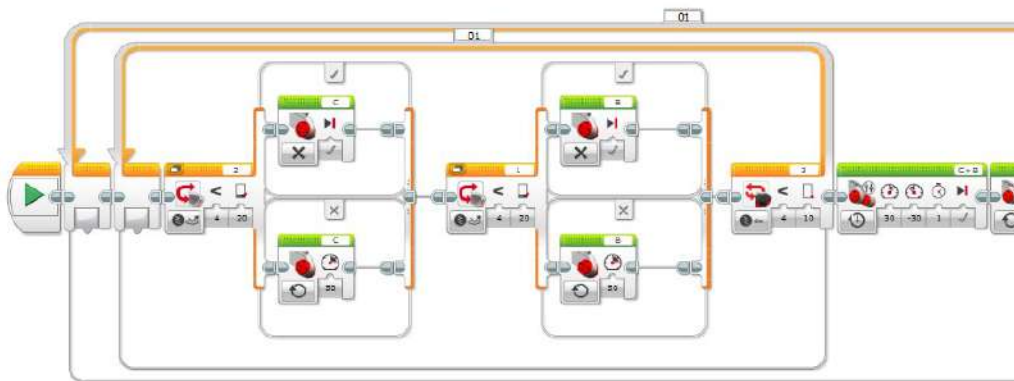
- Интеллектуальный модуль EV3. Содержит программное обеспечение Шлагбаума;
- Большой мотор – 2 шт. Осуществляет подъем ограждений;
- Ультразвуковой датчик расстояния – 2 шт. Фиксация приближения Робота-перевозчика для последующего срабатывания механизма открывания;



Описание программного обеспечения

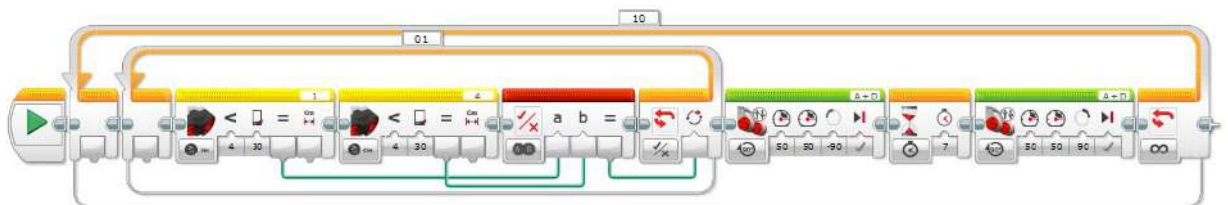
1. Программа Робота-перевозчика (фрагмент)

Траектория движение Робота-перевозчика задана черной линией. Для отработки алгоритма движения по линии мы задействовали 2 Датчика линии, каждый из которых управляет приводом соответствующей стороны робота. Для определения момента остановки Робота в точках загрузки и выгрузки используем Ультразвуковой датчик расстояния.



2. Программа Автоматических ворот

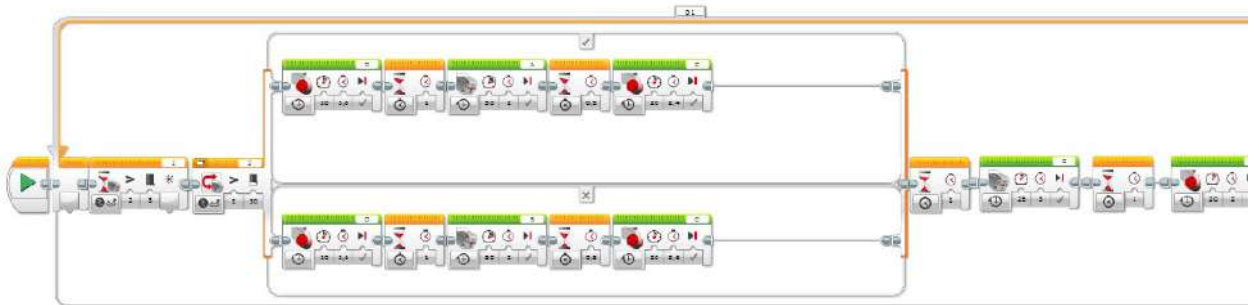
Автоматическая работа Ворота достигается использованием двух ультразвуковых датчиков (по одному на каждую сторону). При приближении Робота-перевозчика ворота открываются и остаются в открытом состоянии 7 с.



3. Программа Роботизированного конвейера

Сигналом для запуска Конвейера служит появление Робота-перевозчика в зоне загрузки – в поле зрения соответствующего Ультразвукового датчика

расстояния. В результате чего раздается звуковой сигнал и начинается подача очередного Изделия на Конвейер.



При попадании Изделия в поле зрения Датчика цвета происходит запуск привода Конвейера (Большой мотор) и линия приходит в движение, а так же программа переходит на обработку соответствующего алгоритма имитирующего упаковку (Средний мотор 1 или Средний мотор 2) в зависимости от цвета Изделия. По мере движения на Конвейере Изделие останавливается рядом с соответствующим Упаковщиком для имитации упаковки. Независимо от цвета, все Изделия останавливаются у Блока Маркировки (Средний Мотор3), который моделирует маркирование упакованного изделия. По достижению крайней точки Конвейера Изделие попадает в кузов Робота-Перевозчика и работа линии останавливается до его возвращения.