

Всероссийские робототехнические соревнования
«ИНЖЕНЕРНЫЕ КАДРЫ РОССИИ»



СЕЗОН 2019-2020

ИНЖЕНЕРНАЯ КНИГА

«Автоматизация процесса упаковки рулонного металлопроката на ПАО
«НЛМК»

Сборная команда Липецкой области «АнтиМатерия»

ГБУ ДО «Центр дополнительного образования Липецкой области»,
структурное подразделение центра цифрового образования детей «IT-куб»

2020 г.

Оглавление

1. Визитка команды.....	4
1.1 Населенный пункт.....	4
1.2 Организация	4
1.3 Члены команды	5
1.4 Тренер	6
2. Идеи и общее содержание проекта	7
3. Взаимодействие с предприятием.....	10
3.1 Знакомство с историей ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат»	10
3.2 Знакомство с технологией доменного производства чугуна	11
3.3 Знакомство с участком упаковки рулонов металла ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат».....	13
3.4 Экскурсия.....	15
4. Технологическая часть проекта	17
4.1 Из истории вопроса, попытки решить проблемы раньше	17
4.2 Этапы работы над проектом	17
4.3 Цели для каждого этапа, выполненные работы, результаты.....	18
4.4 Первоначальные варианты решения проблемы «за» и «против»	20
4.5 Выбранный вариант, обоснование выбора.....	21
4.6 Схема размещения механизмов на автоматизированном участке ...	22
4.7 Описание конструкции механизмов, их частей	22
4.7.1 Робот - вилочный погрузчик.....	22
4.7.2 Робот – манипулятор	23

4.7.3 Робот – упаковщик.....	24
4.8 Описание взаимодействия механизмов	25
4.9 Описание программного обеспечения	26
Список литературы	27

1. Визитка команды Липецкой области «АНТИМАТЕРИЯ»

1.1 Населенный пункт

Липецк - столица Липецкой области, крупный административный, промышленный и культурный центр с населением более полумиллиона человек. Расположен в европейской части страны в 450 километрах к югу от Москвы. Занимает территорию 320 км².

Липецк — современный и динамично развивающийся город. Он известен в России и за рубежом как крупный производитель стали и проката, белой техники, соков и минеральной воды, как центр подготовки асов отечественной авиации. Здесь сосредоточены предприятия, которые своей успешной работой обеспечивают социальную стабильность всей области: флагман отечественной металлургии Новолипецкий комбинат и старейшая в отрасли металлургическая компания "Свободный сокол", заводы компании "Индезит", выпускающие холодильники и стиральные машины. Создан мощный потенциал строительства и стройиндустрии - действуют заводы по производству цемента, силикатных изделий, железобетонных перекрытий, пластиковых окон. Широко представлена пищевая, перерабатывающая, легкая промышленность, насыщен предприятиями торговли потребительский рынок.

1.2 Организация

Наша команда представляет Государственное бюджетное учреждение дополнительного образования «Центр дополнительного образования Липецкой области», расположенное по адресу: 398017, Липецкая область, город Липецк, ул. 9 Мая, д.20, тел.8(4742) 43-00-49.

1.3 Члены команды



- **Федотов Артемий** – капитан команды, ученик 6 класса МАОУ «Лицей 44», учащийся объединения «Робототехника». Увлекается робототехникой. Призер соревнований World Skills, Санкин, Шаг в будущее. Редактор инженерной книги и презентации.
- **Мощенко Иван**, ученик 5 класса МАОУ «ШИТ(школа информационных технологий) №26» города Липецка, учащийся объединения «Соревновательная робототехника». Увлекается робототехникой, конструированием и инженерным делом. Главный программист, разработчик;
- **Роман Беляев**, ученик 6 класса МБОУ СШ№33. Увлекается робототехникой, программированием и конструкторами LEGO. Инженер-конструктор.
- **Ванеев Иван**, ученик 7 класса МБОУ лицея №3 им. К. А. Москаленко. Увлекается робототехникой, программированием и конструкторами LEGO. Инженер-конструктор.

- **Долгих Влад**, ученик 11 класса православной гимназии имени Амвросия Оптинского. Увлекается робототехникой и конструированием из LEGO. Инженер-конструктор.

1.4 Тренер

- **Горайнов Александр Олегович**, педагог дополнительного образования ГБУ ДО «Центр дополнительного образования Липецкой области», руководитель объединения «Программирование роботов». Магистр прикладной математики. Закончил Липецкий Государственный Технический Университет (ЛГТУ), факультет автоматизации и информатики (ФАИ), кафедра прикладной математики;

2. Идея и общее содержание проекта

Неотъемлемой частью успешного маркетинга является товарный вид реализуемого продукта, его упаковки, созданной не только с целью увеличения тенденций продаж, но, главным образом для обеспечения сохранности предлагаемого потребителю товара. Одним из основных факторов, способствующих расширению торговли продукцией черной металлургии, наряду с качественным улучшением изделий, является правильная и рациональная упаковка. Качество и надёжность упаковки определяет гарантийный срок и качество реализуемого продукта.

Одним из актуальных направлений в развитии упаковки для металло-производителей является обеспечение гарантированной сохранности товарного холоднокатаного плоского проката. Этот металло-продукт является одним из самых уязвимых к дефекту практически не подлежащего исправлению — коррозии.

Упаковка холоднокатаного плоского проката является ответственной и трудоемкой процедурой, требующей использования относительно большого количества упаковочных элементов, обеспечивающие герметичность упаковки. При выборе упаковки необходимо учитывать следующие факторы – ее целесообразность, экономичность и внешний вид. Исходя из того, в каком виде поступил товар, как упакован и замаркирован, покупатель делает вывод о том, какое значение придают товарам на заводе–изготовителе, а также в какой мере там могут учесть пожелания покупателя. Упаковка наряду со своей основной функцией защиты продукции должна обеспечивать удобство выполнения погрузочно–разгрузочных работ и складирования механизированным и ручным способом.

Одним из основных критериев при выборе упаковки является ее экономичность. Необходимая защитная функция упаковки должна быть обеспечена

с наименьшими затратами материалов и рабочей силы. При этом должны учитываться и дополнительные расходы, которые могут возникнуть при транспортировке, складировании и таможенных сборах из-за чрезмерной массы упаковки. С другой стороны, действительная защитная функция упаковки не может быть обеспечена при затратах ниже определенного минимума. Затраты на упаковку и ее защитные свойства должны находиться в правильном соотношении.

Смысл и цель упаковки металлопроката заключается в предотвращении порчи товара во время его транспортировки. Поступающая к покупателю в поврежденном состоянии металлопродукция влечет за собой уценку товара, а в некоторых случаях побуждает покупателя отказаться от последующих закупок.

Повреждения экспортного товара могут быть самого разнообразного характера и вызываться различными причинами:

1. В результате удара или толчка при маневрировании транспортных средств и погрузочно-разгрузочных работах.
2. От вибрации при транспортировке железнодорожным или автомобильным транспортом.
3. Из-за износа при трении о пол перевозочных средств или о другие товары.
4. Из-за нажима при укладке в штабеля в вагонах, трюмах судов и складах.
5. Из-за перемены температуры и образования конденсата при смене климатических зон.
6. От сырости (высокой относительной влажности воздуха) и дождей при хранении в портах и при перевозках как железнодорожным, так и морским путем.

Таким образом, предлагается создать специальное роботизированное устройство для реализации качественной упаковки металлопроката НЛМК.

Цель работы – конструирование специальных роботизированных устройств для качественной упаковки рулонного металлопроката на НЛМК .

Задачи:

1. Провести комплексное исследование технологии упаковки металлопроката: текущие разработки, перспективы развития, структура и организация рабочего процесса;
2. Проанализировать процесс упаковки металлопроката, выделить проблемы и недостатки.
3. Разработать, запрограммировать и протестировать комплекс автоматизированной системы упаковки рулонного металлопроката.

План работы над проектом:

- **Ноябрь 2019г.** – Обсуждение задания, знакомство с регламентом, изучение положения «ИКаР - КЛАССИК», формирование групп;
- **Ноябрь 2020г.** – Распределение ролей, разработка стратегии, выполнение задания, формулирование темы проекта;
- **Декабрь-Январь 2020г.** – Сборка и программирование автоматизированного комплекса, работа над инженерной книгой;
- **27 января 2020г.** – Экскурсия в Музей ПАО «НЛМК», сборка и программирование автоматизированного комплекса, работа над инженерной книгой, подготовка презентации проекта;
- **Январь 2020г.** – тестирование роботов и исправление ошибок, репетиция защиты проекта, редактирование инженерной книги;
- **31 января 2020г.** – подготовка роботов для защиты проекта, видеосъемка защиты проекта, распечатка инженерной книги.

3. Взаимодействие с предприятием

3.1 Знакомство с историей

ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат»

История НЛМК началась с закладки в 1931 году Новолипецкого металлургического завода

7 ноября 1934 года после окончания футеровки доменной печи №1 и монтажа турбогенератора ТЭЦ домна выдала первую плавку чугуна.

Этот день стал официальным днем рождения комбината. Уже в мае следующего года первой доменной печью выдана тысячная плавка. А за пять лет на заводе выплавлено более 2 миллионов тонн чугуна.

Вторая мировая диктовала свои правила. До самого конца лета 1941 завод продолжал работать на всю мощь, пока не закончились запасы сырья и не прекратились поставки кокса и руды с Донбасса. В октябре две доменные печи, ТЭЦ, железнодорожный и механический цеха были демонтированы и эвакуированы в Челябинскую область.

Часть агрегатов и механизмов оставались в Липецке, чтобы обеспечить выполнение многочисленных заказов фронта. Эвакуация продлилась ненадолго. Уже в конце января 1942 заводское оборудование вернулось в Липецк, и совсем скоро завод восстановил работу. К февралю 1943 НЛМЗ уже снабжал фронт необходимой военной техникой и боеприпасами. А чтобы наладить выплавку стали, в паровозном депо организовали литейный цех.

После ВОВ комбинат буквально отстраивался заново. В 1951 году работали уже две доменные печи и электроплавильный цех.

1957 – в строй действующих вошел 1 прокатный стан «1200», до этой поры цехов производства проката на заводе не было.

1959 – липецкие металлурги первыми в мире освоили непрерывную разливку стали.

1960 – по собственной уникальной технологии, тщательно охраняемой от посторонних глаз, производится анизотропная электротехническая сталь, впервые в СССР.

1966 – первая в мире выплавка стали получена с использованием сто-процентной разливочной непрерывной установки.

С введением в эксплуатацию доменных печей № 5 и 6 механизированы и автоматизированы многие основные производственные процессы.

1980 – запущен первый в стране цех проката углеродистых сталей, где применен стан бесконечной прокатки. Через год освоен уже холодный прокат углеродистой стали, начатый в этом агрегате.

Завод в 1983 становится металлургическим комбинатом, а с новым статусом для предприятия началась новая эпоха с разноплановым производством и определенным ассортиментом продукции. Через три года будет запущен крупнейший в Европе, технически сложный комплекс объектов – цех холодного проката динамной стали.

Современное ПАО «НЛМК» — это предприятие полного металлургического цикла: начиная от производства сырья для выплавки чугуна и стали и заканчивая конечной продукцией – плоским металлопрокатом с высокой добавленной стоимостью.

3.2 Знакомство с технологией доменного производства чугуна

Выплавка чугуна производится в доменных печах, представляющих собой сложный технологический агрегат.

Доменная печь, домна— большая металлургическая, вертикально расположенная печь шахтного типа для выплавки чугуна и ферросплавов из железорудного сырья.

Основным материалом для доменного производства является железная руда, содержащая железо в виде оксидов. Для загрузки в печь наиболее удобны куски руды диаметром от 10 до 50 мм. Более мелкая и пылевидная руда должна быть окускована путем спекания. Такое спекание называется агломерацией и производится на агломерационных фабриках, которые строятся иногда на рудниках, но чаще непосредственно на металлургических заводах.

В доменной печи происходит отделение железа от кислорода. Этот процесс возможен при высоких температурах, для создания которых в доменной печи сжигается кокс. Кокс содержит углерод, который при высоких температурах соединяется с кислородом оксидов железа.

Пустая порода, содержащаяся в большом количестве в железной руде, и зола, имеющаяся в коксе, при плавлении шихты не переходят в металл, а образуют шлак, который нужно своевременно удалить из печи. Чтобы облегчить удаление шлака, в руду добавляют флюсы - материал, придающий шлаку более жидкий вид. Обычно флюсом служит известняк.

Материалы подают в засыпное устройство, находящееся в верхней части домны, по наклонному мосту в специальных тележках-скипах. Подача материалов идёт непрерывно.

Таким образом, основными материалами для производства чугуна в доменной печи является железная руда, кокс и известняк. Кроме того, в доменном процессе для поддержания горения необходим воздух. Печь может работать только при непрерывной подаче воздуха.

Для того чтобы не охлаждать печь во время работы и ускорить плавку, воздух в печь подается подогретым до 600-800° и под давлением.

Подогретый воздух по воздухопроводу горячего дутья подается от воздухонагревателей через специальные приборы, называемые фурмами, - в доменную печь.

Доменный процесс сопровождается также выделением побочных продуктов - доменного газа и шлака.

Жидкий шлак выпускается через шлаковые лётки в специальные ковши, в которых отвозится в шлаковые отвалы. Доменный газ используется как топливо для сжигания в промышленных печах.

Образующийся в печи газ через подсвечники, свечи и наклонные газопроводы отводится, в пылеуловители. В пылеуловителях доменный газ проходит грубую очистку. Для дальнейшего использования газа необходима его полная очистка, которая происходит в специальных газовых цехах - газоочистках, входящих в комплекс сооружений доменного цеха. От пылеуловителей к газоочистке газ подается по газопроводу грязного газа. Очищенный газ по газопроводу чистого газа поступает к потребителям.

Таким образом, основным продуктом доменного производства является чугун, побочными продуктами - шлак, доменный газ и колошниковая пыль.

3.3 Знакомство с участком упаковки рулонов металла ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат»

Важнейшая функция упаковки - сохранение товаров при неблагоприятных внешних воздействиях за счет собственной сохранности, безопасности для упакованных товаров, а также совместимости упаковки и товаров. В этом заключается функциональное назначение упаковки. В нашем случае необходимо защитить товар (металл) от коррозии и механических повреждений.

Способ перевозки рулонного металла также является неидеальным. Так, для полного удобства необходимо сделать поддон, на котором стоит рулон, более легким и практичным, но при этом сохранить его грузоподъемность. Для этого нужно либо заменить материал поддона, либо изменить его строение.

Процесс упаковки рулонного металла не является максимально безопасным для рабочих, так как большая часть упаковки на производстве, к сожалению, осуществляется вручную. Таким образом, для повышения безопасности и ускорения упаковки необходимо механизировать большую часть процесса. Для оптимизации процесса упаковки и перевозки рулонов металла мы решили создать автоматизированное устройство

3.4 Экскурсии

27 января 2020г. наша команда побывала на экскурсии в музее ПАО «НЛМК». Мы узнали много информации об истории ПАО «НЛМК», об основных производствах металлургического комбината, технологических процессах, познакомились с представленными макетами и выставками. Так же пообщались с инженерами и руководителями цехов, которые рассказали, что сейчас упаковка рулонов стали производится в основном вручную и что наша разработка востребована уже сейчас. Внедрение такой установки позволит снизить стоимость самой упаковки, а также, что самое важное, травматизм рабочих при этом технологическом процессе.



Рисунок 1. Экскурсия в Музей ПАО «НЛМК»



Рисунок 2. Команда «Антиматерия» и неупакованные рулоны стали

Также мы не только познакомились с основными видами продукции ПАО «НЛМК», но и смогли потрогать их руками.



Рисунок 3. Команда «Антиматерия» изучает срез чугунного «сляба»



Рисунок 4. Основные виды продукции ПАО «НЛМК»

4. Технологическая часть проекта

4.1 Из истории вопроса, попытки решить проблемы раньше

В процессе упаковки рулонов металла использовался ручной труд. Оператор вручную управлял механизмами для перевозки, сортировки и погрузки рулонов на склады и железнодорожные вагоны.

4.2 Этапы работы над проектом

- **Подготовительный этап** – изучение положения о конкурсе, обсуждение идей, формулирование темы проекта, определение ролей каждого члена команды, подборка деталей для сборки роботов, которые будут входить в роботизированный комплекс, подготовка поля и вспомогательных деталей.
- **Практический этап** - создание, программирование, отладка роботизированного комплекса.
- **Теоретический этап** – сбор и подготовка материала (текст, фотографии, схемы); объединение собранного материала в Инженерную книгу, оформление в соответствии с требованиями Положения о конкурсе.
- **Заключительный этап** – тестирование роботизированного комплекса на поле, подготовка презентации, подготовка к защите проекта.

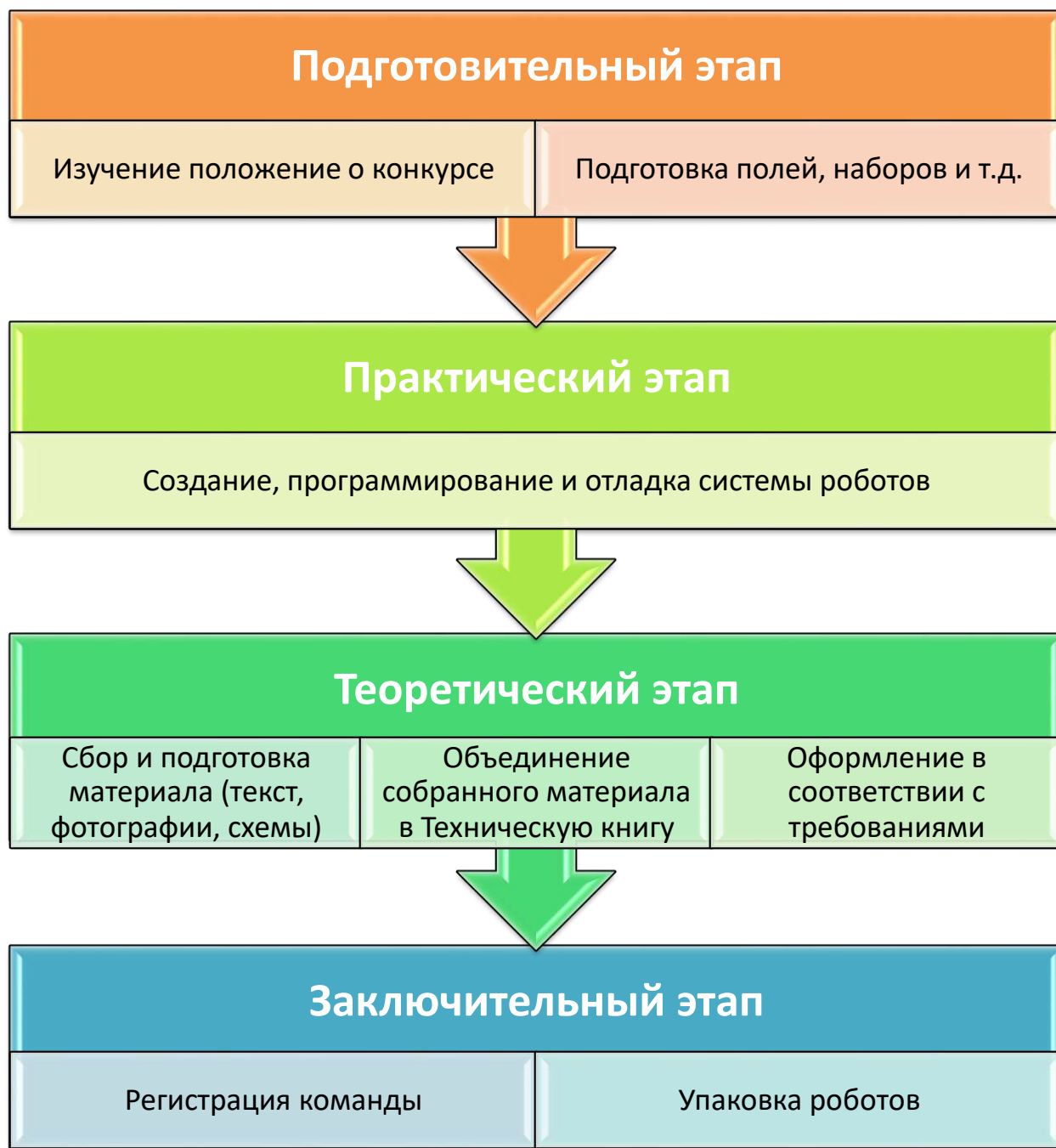


Таблица 1 - Подготовка к соревнованиям.

4.3 Цели для каждого этапа, выполненные работы, результаты

В процессе подготовительного этапа проекта мы, после рассмотрения предложенных идей, сформулировали тему нашего проекта, подумали, как можно ее реализовать. Затем мы придумали, какие роботы будут входить в наш роботизированный комплекс. Далее был выбран капитан нашей команды

– Федотов Артемий. Затем, после обсуждений, мы определили роли каждого участника команды. Инженеры-конструкторы – Ванеев Иван, Беляев Роман, Долгих Владислав. Программист – Мощенко Иван. После этого участники, согласно своим ролям, начали подготовку к сборке роботов, подбор деталей. Программисты на данном этапе осуществляли помощь сборщикам.

В процессе практического этапа сборщиками был спроектирован роботизированный комплекс, необходимый для реализации нашего проекта «Автоматизация упаковки рулонного металлопроката на ПАО «НЛМК»». Это робот – вилочный погрузчик, робот – манипулятор и робот – упаковщик. Рулонным металлопрокатом мы определили среднее колесо из набора EV3.

Далее следовал теоретический этап проекта. Главной целью данного этапа было написание инженерной книги. Мы осуществляли сбор информации по истории предприятия ПАО «НЛМК», по технологии основного производства - доменного производства чугуна, по участку упаковки металлопроката, описывали практический этап - процесс создания нашей командой роботизированного комплекса для реализации целей нашего проекта. Результатом этого этапа является создание инженерной книги.

Во время заключительного этапа мы на основе инженерной книги готовили презентацию проекта. Федотов Артемий готовился к выступлению на защите проекта. Остальные проводили тестирование роботизированного комплекса на поле.

Результатами этого этапа стали полностью готовый роботизированный комплекс по упаковке рулонного металлопроката, соответствующий теме нашего проекта, подготовлены презентация и выступление для защиты проекта.

4.4 Первоначальные варианты решения проблемы «за» и «против»

Таблица. 1 «Сравнительный анализ способов транспортировки шлака»:

Механизм	Плюсы способа	Минусы способа
Трактор	Возможность перемещений большого объема шлака за один приём	Низкая автоматизация, непосредственное нахождение оператора в тракторе
Вилочный погрузчик	Возможность автоматизировать работу погрузчика с управлением оператором дистанционно	Перемещение шлака за один приём в меньших объемах

Таблица. 2 «Сравнительный анализ способов перегрузки привезенного шлака на конвейер-сортировщик»:

Механизм	Плюсы способа	Минусы способа
Полиспаг	Простота конструкции	Подъём и опускание груза возможно только по вертикальной оси подвеса полиспага, использование ручного труда для загрузки ёмкости, подвешенной к полиспагу
Манипулятор	Возможность как вертикального подъёма-опускания груза, так и горизонтального перемещения в пределах радиуса поворота руки манипулятора. Автоматический забор и выгрузка шлака.	Сложность механизма

Таблица. 3 «Сравнительный анализ способов сортировки шлака»:

Механизм	Плюсы способа	Минусы способа
Манипулятор	Возможность объединить две операции (перегрузка и упаковка) в одну, одним и тем же механизмом	Отсутствие автоматизации
Конвейерно-упаковочный агрегат	Полностью автоматизированная упаковка металлопроката	Сложность конструкции

4.5 Выбранный вариант, обоснование выбора

- Транспортировка рулонного металлопроката.

Для транспортировки выбран робот - вилочный погрузчик, так как его применение позволяет как автономное, так и дистанционное управление оператором, находящимся в отдельном помещении пульта управления. Это снижает вредное воздействие окружающей среды на оператора по сравнению с машинистом трактора, находящегося непосредственно в его кабине.

- Перегрузка рулона на сортировку.

Для перегрузки шлака на упаковочную установку выбран робот-манипулятор, так как он обладает большим количеством степеней свободы по сравнению с полиспастом.

- Упаковка металлопроката.

Для операции упаковки был разработан конвейерный упаковочный агрегат (в котором объединены конвейер, подъемник и токарный станок), так как он позволяет полностью автоматизировать процесс упаковки рулонного металлопроката и автоматически перемещать уже упакованный продукт обратно к манипулятору.

4.6 Схема размещения механизмов на автоматизированном участке

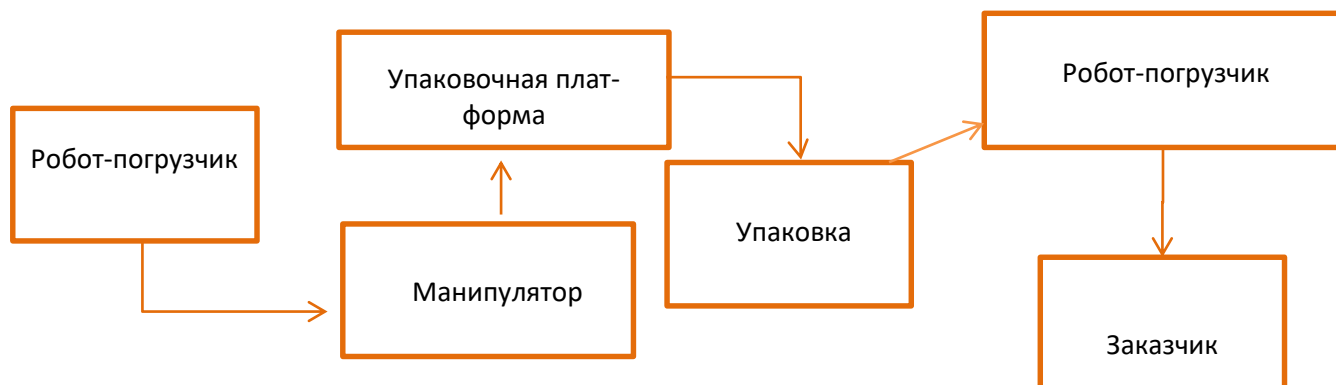


Схема 1 - Алгоритм работы сборочного комплекса

4.7 Описание конструкции механизмов, их частей

В работе были использованы детали из следующих наборов: Lego Mindstorms EV3 и Ресурсный набор Lego Mindstorms EV3. Все элементы роботизированного комплекса созданы лично участниками команды «АНТИМАТЕРИЯ».

4.7.1 Робот - вилочный погрузчик



Рисунок 5. Робот – вилочный погрузчик.

Этот погрузчик может ездить по ковру или твердому покрытию пола, поднимать грузы, которые находятся в поддоне на высоту до 10 см, устанавливать их на пол и на полки, или другие платформы, и брать обратно.

Этот робот использует два двигателя и поворотные колеса, чтобы легко перемещаться на любой поверхности, будь то ковер или линолеум/ламинат. Третий мотор установлен внизу в центре с некоторыми точками крепления для дополнительных механизмов, которые можно прикрепить к нему.

Данная модель способна передвигаться по прямой линии, перевозить тяжёлый груз.

Датчик цвета используется как цветовой "сигнализатор", чтобы показывать различные операции.

4.7.2 Робот – манипулятор

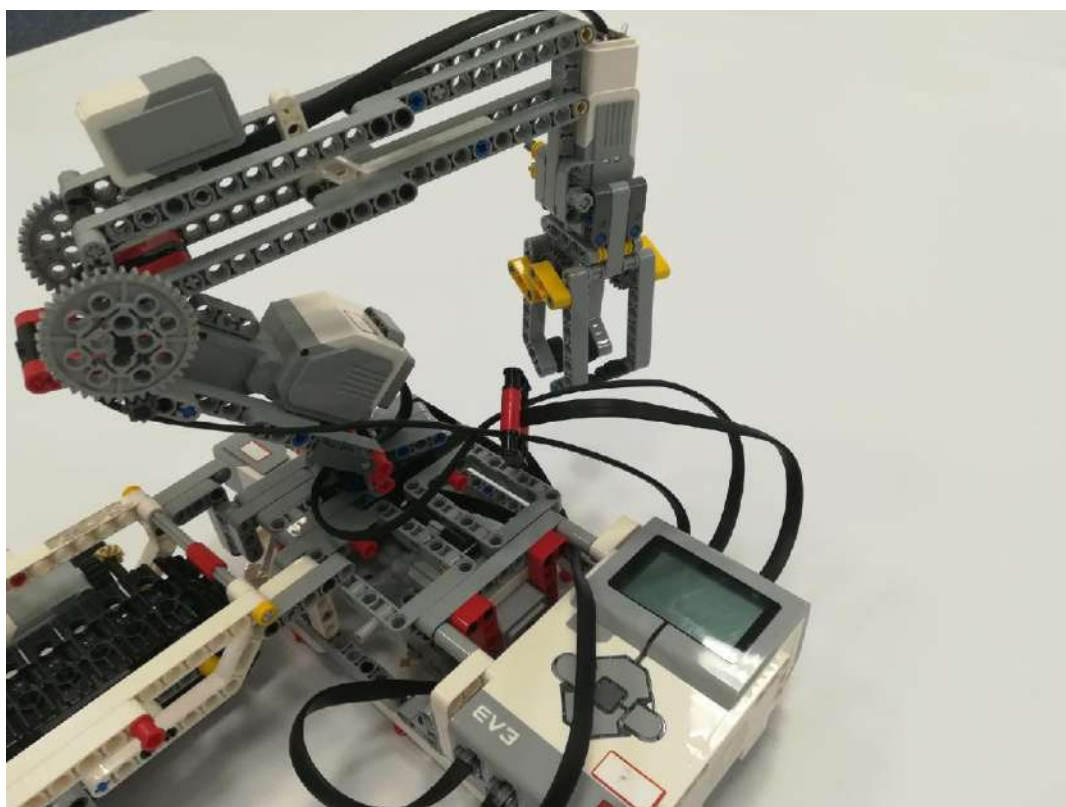


Рисунок 6. Робот – манипулятор

Робот - манипулятор состоит из основания, на котором установлен Миникомпьютер Lego MINDSTORMS EV3 и Большой Сервомотор Lego MINDSTORMS EV3 с зубчатым механизмом, которые приводят в движение руку, а также датчик касания, при нажатии на который рука останавливается в нужном месте.

Для того, чтобы рука могла подниматься или опускаться, на конструкции руки установлен Большой Сервомотор Lego MINDSTORMS EV3 с зубчатым механизмом и датчиком цвета, для того чтобы рука поднималась на определенную высоту.

На конструкции руки собран захватывающий механизм из Среднего Сервомотора Lego MINDSTORMS EV3, с зубчатым механизмом, выполняющий роль пальцев. Так же к манипулятору прикреплен запускаящий датчик касания.

4.7.3 Робот – упаковщик

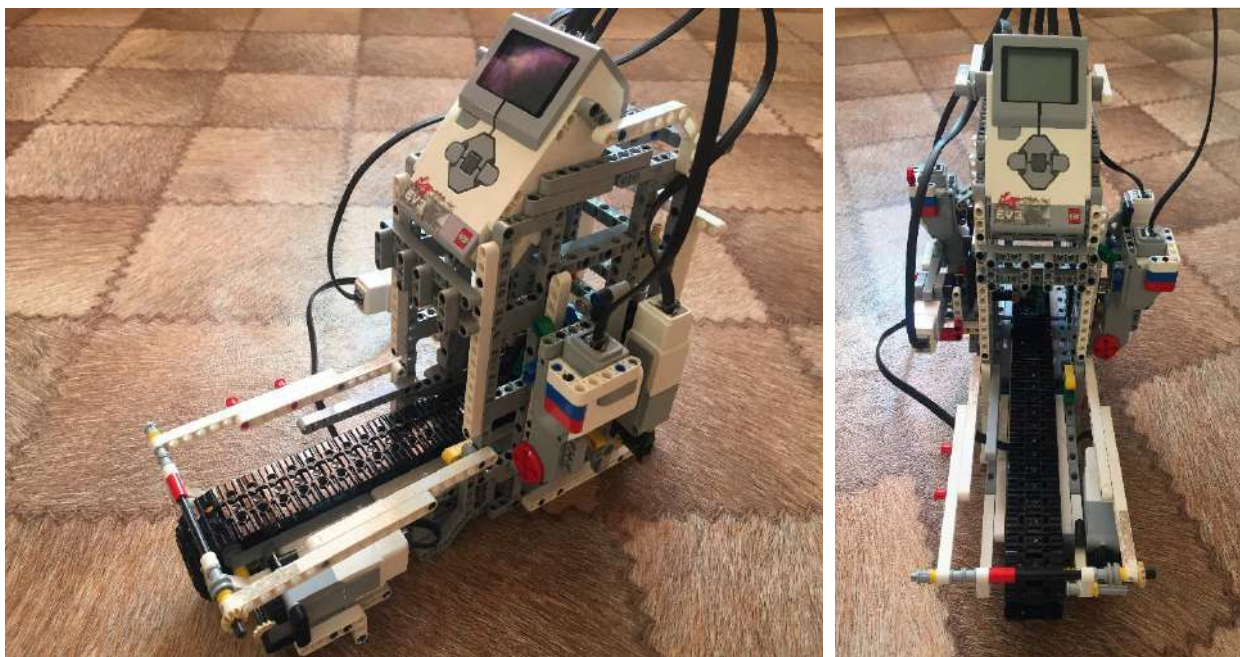


Рисунок 7. Упаковочный агрегат.

Данный робот принимает заготовку на конвейер, по которому она проследует к упаковочному механизму. Далее заготовка фиксируется в зажимно-

подъемном механизме и с помощью вращения упаковывается в упаковочный материал.

Робот состоит конвейера, на которой закреплены главный блок EV3, сортировочный механизм, двигатель, датчик касания.

Упаковочный механизм состоит из зажимно-подъемного и вращательного механизмов.

Подъемный механизм состоит из большого сервомотора и реечного подъемника. Зажимный – из реечного толкателя и среднего сервомотора, Вращательный механизм – из площадки крепления детали и среднего сервомотора.

Манипулятор и Упаковочный агрегат соединены между собой шлейфовым соединением и по сути являют собой единый комплекс

4.8 Описание взаимодействия механизмов

После запуска из зоны страта Вилочный погрузчик вместе с неупакованной движется по рельсам (черной линии) к манипулятору и упаковочному агрегату. Подъехав к манипулятору, погрузчик нажимает пусковую кнопку манипулятора и переходит в режим ожидания.

После нажатия пусковой кнопки, манипулятор забирает заготовку у погрузчика и переносит ее на конвейер. Далее по шлейфовому соединению посылается сигнал запуска упаковочному агрегату.

Упаковочный агрегат с помощью конвейера загружает в себя заготовку, зажимает и приподнимет ее в упаковочном механизме, далее запускается вращательный механизм и, собственно, сам процесс упаковки.

После упаковки заготовка по конвейеру возвращается к манипулятору и ему по тому же шлейфовому соединению посылается сигнал запуска, после которого манипулятор возвращает упакованную заготовку вилочному погрузчику, который в свою очередь отвозит ее заказчику.

4.9 Описание программного обеспечения

Программное обеспечение разрабатывалось в среде программирования LEGO mindstorms EV3.

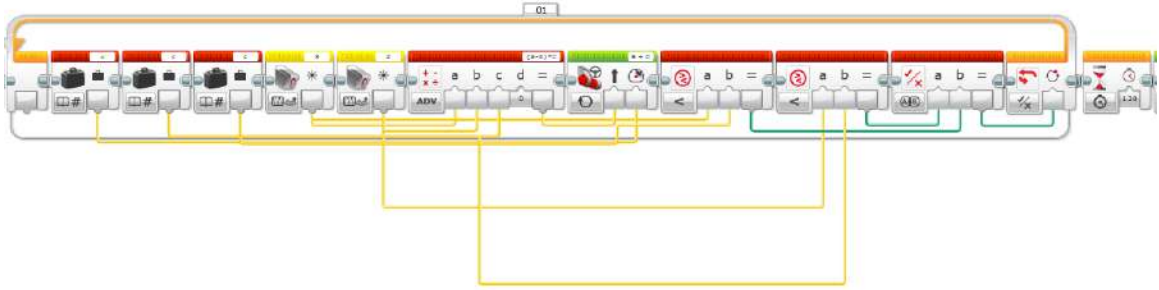


Рисунок 8. Упаковочный агрегат

Список литературы

1. Йошихито Исогава. КНИГА ИДЕЙ LEGO MINDSTORMS EV3. 181 удивительный механизм и устройство.
2. Филипов С.А. Робототехника для детей и родителей.-СПб.:Наука, 2013
3. Овсяницкая Л.Ю. Курс программирования робота LegoMindstorms EV3, 2016
4. Вольдек, А. Электрические машины Введение в электромеханику Машины постоянного тока и трансформаторы / А. Вольдек. - СПб.: Питер, 2009.
5. Дэвис, Дж. Карманный справочник радиоинженера / Дж. Дэвис. - М.: Додэка XXI, 2007.
6. Голов, Р.С. Теория организации. Организация производства на предприятиях: Интегрированное: Учебное пособие / А.П. Агарков, Р.С. Голов, А.М. Голиков; под ред. А.П. Агарков. - М.: Дашков и К, 2010.
7. Никифоров, А.Д. Современные проблемы науки в области технологии машиностроения. / А.Д. Никифоров. - М.: Высшая школа, 2006.