

# РобоФинист 2024

## Творческая категория

**ОТЧЕТ по проекту**  
**«Программно аппаратный комплекс автоматизации складских помещений»**

Команда «Команда устранения технических шоколадок»  
*Средняя возрастная категория*

**Выполнили:**

Винокуров Игорь, ученик 6 “и” класса  
ГБОУ СОШ № 1329 г. Москва;

Марданшина Сафира, ученица 6 “и” класса  
ГБОУ СОШ № 1329 г. Москв;

**Руководитель:**

Рыбко Александр Анатольевич, студент 4 курса,  
лаборант кафедры проблем управления,  
РТУ МИРЭА

Москва 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	2
АННОТАЦИЯ.....	3
ГЛАВА 1. ПРЕЗЕНТАЦИЯ КОМАНДЫ.....	4
ГЛАВА 2. ВВЕДЕНИЕ.....	6
Проблема.....	8
Цель.....	8
Задачи.....	8
ГЛАВА 3. ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА.....	10
ГЛАВА 3. АНАЛИЗ КОНКУРЕНТОВ.....	11
ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОГО РЕШЕНИЯ.....	13
Робот - курьер. (см приложения 1-2).....	13
Робот- кладовщик. (см приложения 4).....	16
Пульт управления. (см приложения 3).....	16
ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ И ИННОВАЦИИ.....	21
ГЛАВА 6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	22
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	23
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	24
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	25
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	26
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....	27

## АННОТАЦИЯ

Данный отчет посвящен разработке программно-аппаратного комплекса для автоматизации складских помещений в нефтегазовой отрасли.

Проект был выполнен командой "Команда устранения технических шоколадок", состоящей из учеников 6 класса ГБОУ СОШ №1329 города Москвы — Винокурова Игоря и Марданшиной Сафиры, под руководством Александра Рыбко, студента 4 курса и лаборанта кафедры проблем управления РТУ МИРЭА.

Целью проекта является снижение травматизма среди персонала складских комплексов и улучшение эффективности работы за счет внедрения автоматических решений, что также способствует решению проблемы кадрового голода и повышению производительности труда.

В рамках проекта был проведен анализ текущего состояния вопроса, изучены причины несчастных случаев в производственной сфере, и предложены решения для автоматизации рутинных и опасных задач на складах. Разработанный комплекс включает работа-курьера, работа-кладовщика и пульт управления, что позволит свести к минимуму физический труд работников, занятых на складе.

Проект имеет не только технологическое, но и социальное значение, так как он направлен на защиту жизни и здоровья работников. Введение разработок команды в промышленность поможет достичь целей по повышению производительности труда, обозначенных президентом России Владимиром Путиным, и обеспечит технологический суверенитет страны.

Авторы проекта выражают благодарность всем, кто оказал поддержку и содействие в процессе разработки и реализации данного проекта.

## ГЛАВА 1. ПРЕЗЕНТАЦИЯ КОМАНДЫ

Здравствуйте! Мы Команда устранения технических шоколадок!

Наша команда состоит из трех человек: один руководитель и два участника.

Участники команды: учащиеся ГБОУ Школы №1329 ученики 6 класса Винокуров Игорь Олегович и Марданшина Сафира Айдаровна.

Руководитель команды: студент 4 курса, лаборант кафедры проблем управления, РТУ МИРЭА Рыбко Александр Анатольевич.

Мы команда единомышленников, которые стремятся к общей цели, каждый из нас вносит свой вклад. Мы доверяем друг другу и работаем вместе, чтобы достичь успеха.

Мы распределили роли и задачи, исходя из наших навыков и способностей. Но если у кого-то возникали трудности, мы всегда были готовы помочь друг другу.

Сафира лучше разбирается в ИТ-сфере поэтому она:

1. Покрасила лего-человека;
2. Проектировала стеллажи;
3. Разработала программы для роботов;
4. Разработала 3D-модели коробок, уголков, реек;
5. Разработала концепт робота-курьера;
6. Разработала способ перемещения по оси Z;
7. Разработала пульт управления.

Игорь лучше разбирается в инженерии поэтому он:

1. Разработал способ перемещения по оси X;
2. Разработал способ перемещения по оси Y;
3. Разработал и собрал раму робота-кладовщика;
4. Собрал стеллажи, забивал гвозди;
5. Разработал робота-курьера;
6. Собрал робота-кладовщика;
7. Разработал вилочный захват.

Есть в нашей команде и не официальные участники:

1. Наши родители помогли нам и поддерживали, и даже разрешили оставаться в лаборатории университета до 9 вечера;
2. Сестра Игоря, Анастасия Винокурова, научила нас рисовать карту и баннеры в специальном приложении для иллюстраторов;
3. Наша учительница робототехники, Шерстюгина Наталья Борисовна, которая много помогала нам при работе над проектом;
4. Студент РТУ МИРЭА Фёдор Асташевский, видеограф, который научил нас снимать и монтировать видео;
5. Сотрудник Техноковоркинга РТУ МИРЭА Александр Картышёв, который резал нам алюминиевый профиль, и научил пользоваться лазерным станком;
6. Работники склада, которые разрешили снимать наш видео ролик на их рабочем месте, и рассказали об опасностях их профессии;
7. Работники Лаборатории печати, которые напечатали нам карту и банеры;
8. Сотрудники РТУ МИРЭА, которые нашли время и прослушали защиту нашего проекта.

Мы и раньше дружили, но за время работы над проектом, стали настоящей командой, всегда помогая друг другу и иногда мешая)



## ГЛАВА 2. ВВЕДЕНИЕ

Однажды, во время посещения магазина «Лемана Про», с участником команды случился несчастный случай: на него упала большая и тяжелая металлическая лампа с верхней полки. Это заставило его задуматься о том, насколько трудна и опасна работа грузчиков и кладовщиков.

Мы провели исследование, изучили статистику травматизации, которую собирают Росстат, Роструд и Социальный фонд России, и были шокированы. К сожалению, ежегодно травмы на работе получает более 5500 человек, и более 1200 погибают от полученных травм. (рис.1)

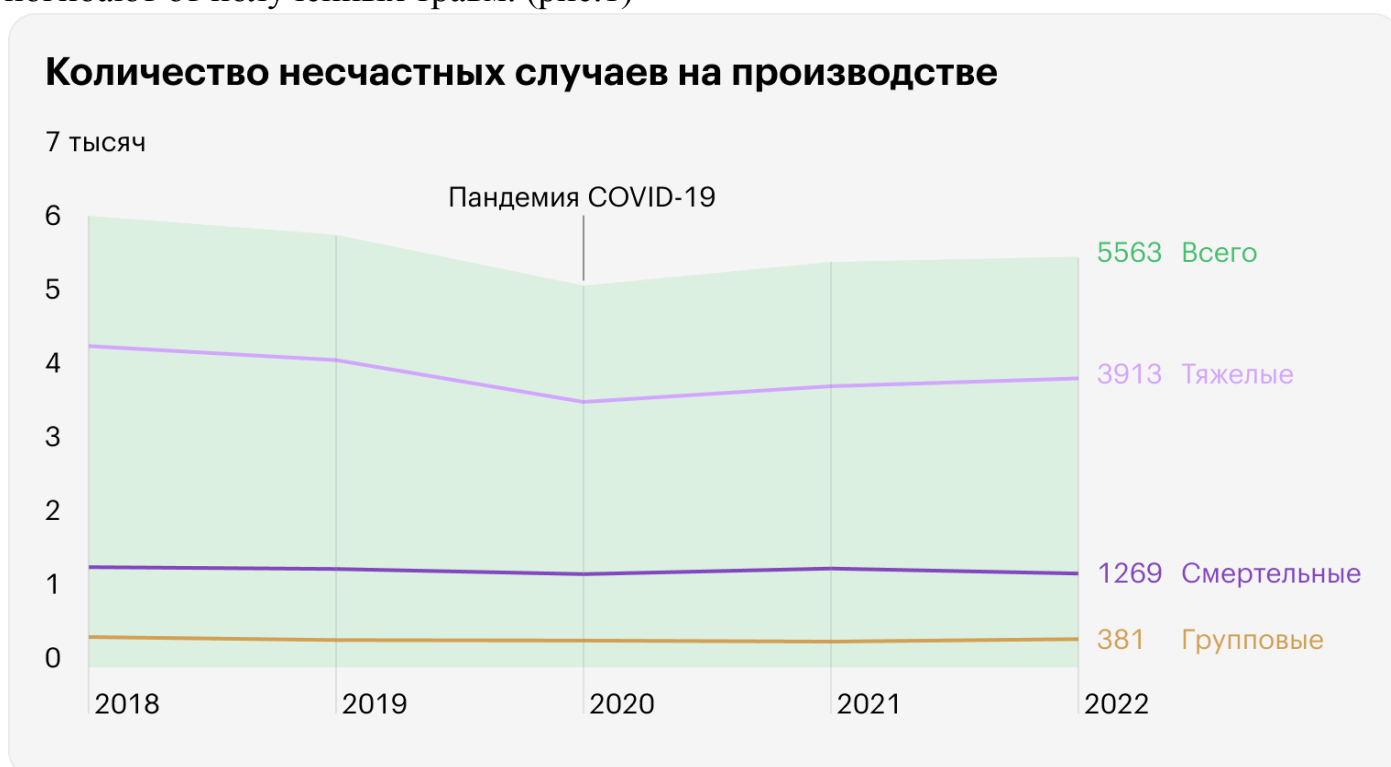


Рисунок 1. Количество несчастных случаев на производстве.

Мы выяснили, что одной из наиболее опасных отраслей с точки зрения травматизма является нефтегазовая промышленность. В этой сфере трудятся люди, которые занимаются строительством, транспортировкой, хранением, добычей и обработкой полезных ископаемых. Получается, что больше половины несчастных случаев приходится на работников нефтегазовой отрасли. (Рис. 2) Кроме того, почти половина погибших в результате несчастных случаев на производстве также относится к нефтегазовой отрасли. (Рис.3).

## Доля в общем количестве несчастных случаев на производстве

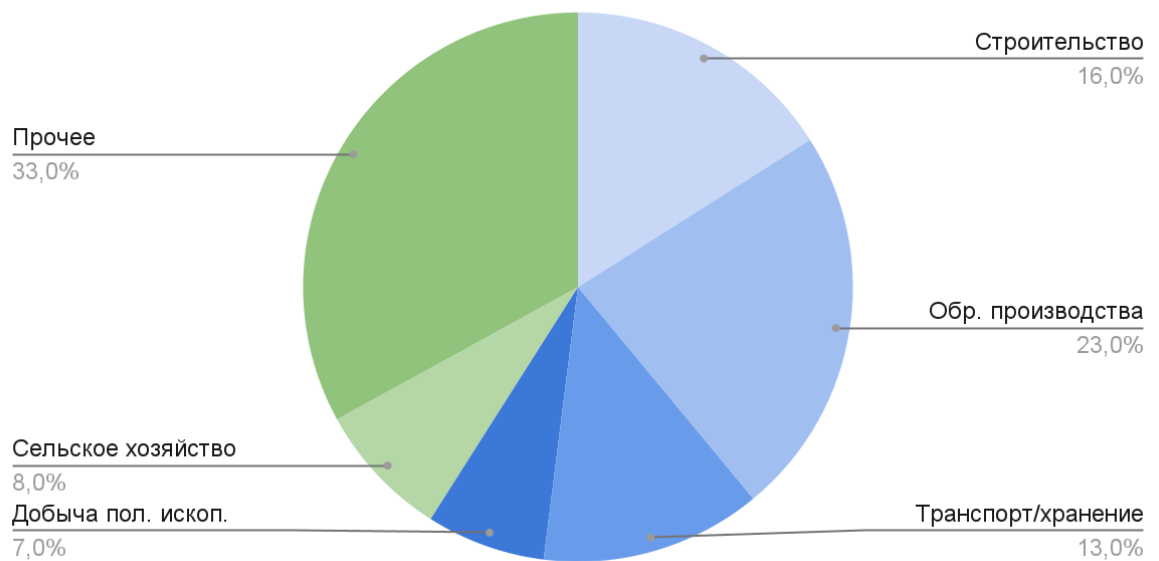


Рисунок 2. Доля в общем количестве несчастных случаев.

## Число погибших в результате несчастных случаев на производстве

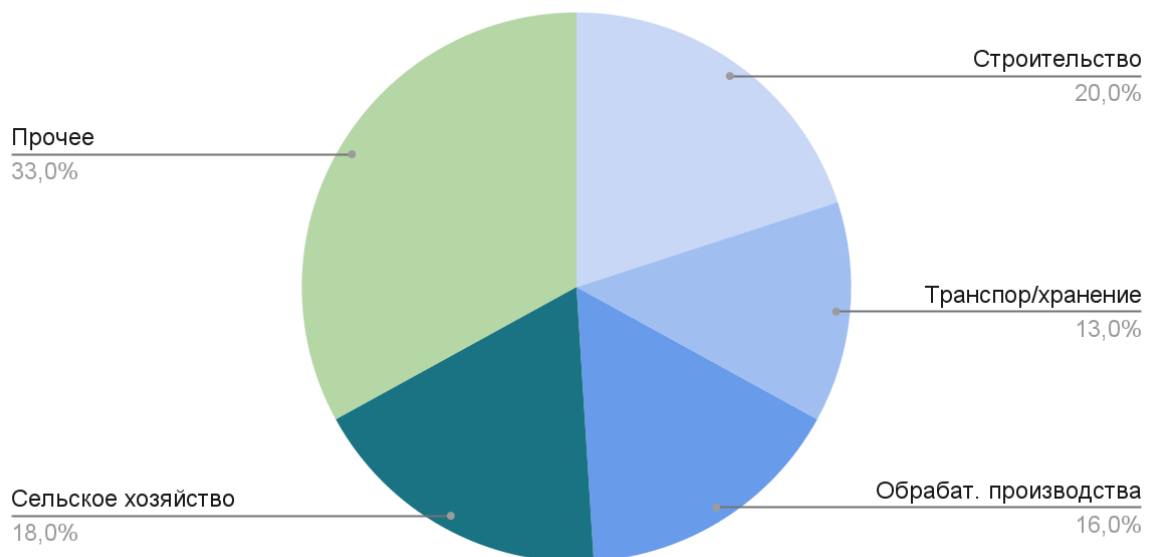


Рисунок 3. Доля погибших в результате несчастных случаев.

Также наша команда изучила причины, которые приводят к несчастным случаям. Получается, что работники, которые заняты самым сложным трудом, так же являются самыми незащищенными. (Рис.4)

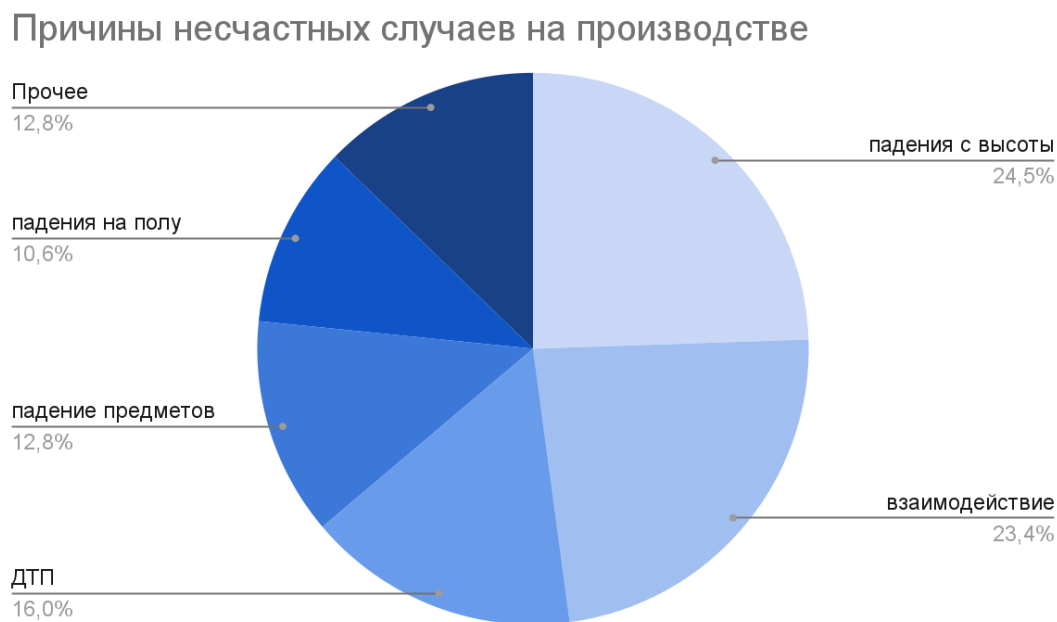


Рисунок 4. Причины несчастных случаев.

### **Проблема.**

Существует большая проблема — травматизация на производстве, огромное количество людей страдает каждый день. К сожалению, мы не сможем её решить, это огромная и комплексная проблема.

Но, изучив задание и тему сезона, мы поняли, что сможем решить хотя бы маленькую часть этой большой задачи.

Травматизация линейного персонала складских помещений — это проблема, решить которую нам под силу!

### **Цель.**

Цель нашей работы — снижение травматизма персонала складских комплексов, высвобождение человеческого ресурса для других производств.

### **Задачи.**

Разработка программно-аппаратного комплекса автоматизации складского помещения для минимизации травматизма.

Для достижения цели нам необходимо:

1. Провести анализ рынка
2. Разработать аппаратный комплекс для автоматизации склада
3. Разработать программу управления комплексом



Почему наш проект так важен? Мы считаем, что нет ничего важнее человеческой жизни, и наш проект направлен на ее защиту.

Нужно отметить, что, решая проблему травматизации и разрабатывая наш программно-аппаратный комплекс автоматизации складского помещения, мы также решаем проблему кадрового голода, повышаем эффективность работы складских помещений и выводим нашу страну на конкурентный мировой уровень по автоматизации логистической сферы.

Таким образом, мы способствуем достижению целей, которые поставил перед страной наш президент, Владимир Владимирович Путин.

"С учетом демографических вызовов, с которыми мы столкнулись, высокой потребности, а если говорить прямо, дефицита кадров, для нас критически важно кардинально повысить производительность труда. Одна из ключевых задач"

Президент Российской Федерации Путин В.В.

"Глобальная конкуренция за обладание технологиями будущего развернулась уже сейчас. Наша задача, не теряя времени, сделать все, чтобы войти в число лидеров, гарантировать России технологический суверенитет, достойное место среди ведущих игроков на перспективных новых рынках".

Президент Российской Федерации Путин В.В.

### ГЛАВА 3. ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА

Таблица 1. Этапы разработки проекта.

№	Этап	Дата
1	Обсуждение темы сезона. Проведение исследований.	20.03-1.04
2	Разработка робота курьера. Разработка 3D моделей коробок.	2.04-10.04
3	Разработка робота кладовщика. Создание стеллажей.	11.04-15.04
4	Доработка робота кладовщика. Разработка 3D моделей реек.	16.04-20.04
5	Участие в МКОР.	21.04
6	Полная перестройка робота кладовщика. Печать коробок.	13.05-22.06
7	Создание новых стеллажей. Разработка сценариев работы.	13.05-18.05
8	Разработка программы робота-курьера.	15.05-20.05
9	Создание видеоролика о проекте. Создание карты, баннеров.	3.06-22.06
10	Разработка листовок. Подготовка рекламной минутки.	6.06-22.06
11	Разработка программы робота кладовщика.	10.06.-22.06
12	Подготовка защиты.	17.06.-22.06

Мы начали работать над проектом 20 марта. Времени было мало, поэтому мы сразу приступили к исследованиям. На первом занятии мы обсудили, какие проблемы требуют решения, выбрали одну и стали её изучать.

В качестве источников мы использовали интернет-ресурсы:

Статистика производственных травм. Журнал Тинькофф. URL: <https://journal.tinkoff.ru/injuries-at-work-stat/> (дата обращения: [22.06.2024]).

Травматизм в 2022 году. Центраттек. URL: <https://www.centrattek.ru/info/travmatizm-2022/> (дата обращения: [22.06.2024]).

После изучения проблемы, наша команда определилась с целью и задачами и начали искать конкурентов — команды робототехников, которые уже решали задачу автоматизировать склады. Главным источником информации для нас стали видеоэкскурсии на склады, которые мы нашли в интернете. Также мы читали научные статьи, но, к сожалению, они были сложными для понимания.

Подробности о разработке роботов и программы будут описаны в отдельной главе.

### ГЛАВА 3. АНАЛИЗ КОНКУРЕНТОВ

Наша команда далеко не первая, которая ставит перед собой цель разработать программно-аппаратный комплекс автоматизации складского помещения. Эту цель многие компании по всему миру преследуют уже долгие годы, поэтому работу над своим проектом нужно начинать с анализа конкурентов, чтобы узнать их сильные и слабые стороны, и не совершить тех же ошибок, что совершили они.

Самым близким к нам конкурентом является цифровой склад “Газпром нефти”.

Это компания создала автоматизированный склад, где используются роботы погрузчики с искусственным интеллектом, которые самостоятельно забирают паллеты с грузом и сами выбирают место на складе куда их поставить. Инвентаризация склада происходит с помощью дрона. Один сотрудник управляя дроном в очках виртуального видения считывает этикетки на паллетах, а второй сотрудник записывает их в таблицу.

Склад выглядит очень прогрессивно. Однако, у таких сложных роботов существует очень большой шанс совершить ошибку, и поскольку погрузчики ограничены в размерах склада их нельзя делать очень высоким. Также мы считаем, что можно создать систему, которая будет самостоятельно вести учет коробок и не нужно будет переписывать номера с помощью дронов.

Мы изучили еще множество примеров зарубежных компаний автоматизации складов. Но больше всего нас поразила автоматизированная фабрика “Lego Group” в Биллунде (да, мы очень любим Lego!), на этой фабрике работает всего 2 человека(!!!), всю остальную работу выполняют роботы.

На этой фабрике Lego есть специальный робот, который забирает коробки с готовыми деталями и отвозит их на роботизированный склад. А на этом складе уже другой робот, высотой примерно в 5 этажей, раскладывает эти коробки по местам.

Детали Lego небольшие и могут помещаться в большом количестве в маленькие коробочки. Поэтому на складе Lego используют присоски для перемещения коробок. Нам такой способ не подходит, потому что в нефтегазовой отрасли существуют инструменты различных размеров и масс. Также робот Lego закреплен на стеллаже и может обслуживать только тот стеллаж, к которому закреплен, а это неудобно для масштабирования склада.

Исходя из проведенных нами исследований, мы пришли к выводу, что для повышения эффективности работы склада необходимо создать полностью автоматизированную систему с элементами коллаборативной робототехники. Мы разделили работу склада на две основные задачи: транспортировку и сортировку по ячейкам.

Наш склад будет разделен на две зоны: красную и зеленую. В красной зоне людям будет запрещено находиться, а в зеленой они смогут работать.

Для выполнения поставленных задач мы разработали двух роботов.

Первый – это **робот-курьер**, который будет перемещаться по зеленой зоне и избегать столкновений с людьми. Его задача – транспортировка грузов из зоны выгрузки грузовиков до склада.

Второй робот – это **робот-кладовщик**, который будет забирать грузы, привезенные роботом-курьером, и размещать их на стеллажах или, наоборот, забирать грузы со стеллажей и отдавать роботу-курьеру для транспортировки в зону выдачи грузов со склада. Робот-кладовщик должен будет считывать маркировку нанесенную на коробку и размещать её в строго отведенный сектор.

Все грузы будут помещены в однотипные коробки, которые мы будем поднимать с помощью простого **вилочного захвата**.

Наша команда тщательно продумала конструкцию и способы взаимодействия роботов между собой. Роботизированное решение легко масштабируется: мы можем увеличивать количество роботов-курьеров, расширять склад в высоту, ширину и длину, а также добавлять новых роботов-кладовщиков.

Роботизированное решение экономически выгодно. Вместо создания сложных и умных роботов, которые будут и транспортировать грузы, и выставлять их на стеллажи, мы предлагаем разработать всего двух простых роботов, которые будут выполнять очень простые задачи. Это уменьшает риск совершить ошибку.

Все роботы автономны и могут взаимодействовать друг с другом, они работают без вмешательства человека, что позволяет людям больше не выполнять тяжелую и опасную работу.

## ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОГО РЕШЕНИЯ

### Робот - курьер. (см приложения 1-2)

Наша команда начала работу с создания робота-курьера, поскольку именно от его размеров зависит размер коробки, которую мы будем размещать на стеллажах, а от размеров коробки зависят все остальные части нашего проекта.

Робот-курьер имеет колесную базу из 2 ведущих колес и четырех поворотных. Ведущие колеса размещены таким образом, чтобы их ось совпадала с центром робота - это позволяет роботу поворачиваться на месте, поворотные колеса размещены на каждом углу нашего прямоугольного робота.

Компоновка робота выполнена так, чтобы центр масс попадал на геометрический центр робота. Двигатели размещены в передней части, блок управления в задней. Робот по форме напоминает ведро, по центру расположен отсек для коробки, у отсека достаточно высокие стенки.

Робот-курьер оснащен всеми необходимыми датчиками. Два датчика цвета Lego Mindstorms EV3 направлены вниз, и нужны для того чтобы передвигаться по линии. Датчик расстояния Lego Mindstorms EV3 направлен по ходу движения робота и нужен для детектирования работников склада. И есть ещё один датчик расстояния Lego Mindstorms EV3, который направлен на отсек для коробки, второй датчик нужен для управления роботом.

Робот-курьер полностью автономен. Он получает команды с помощью второго датчика расстояния, и сейчас имеет 2 сценария работы.

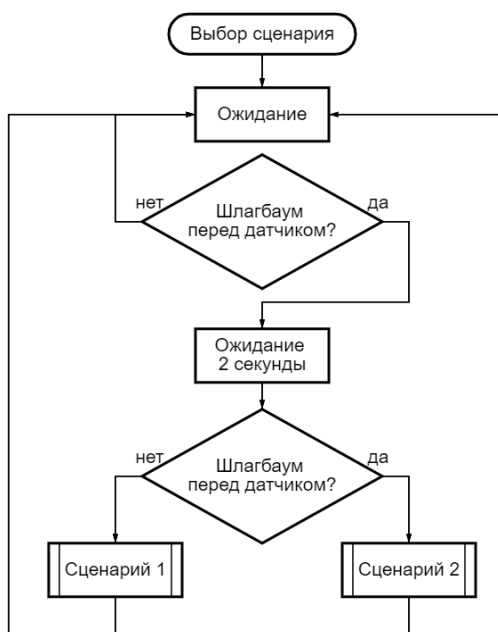


Рисунок 5.

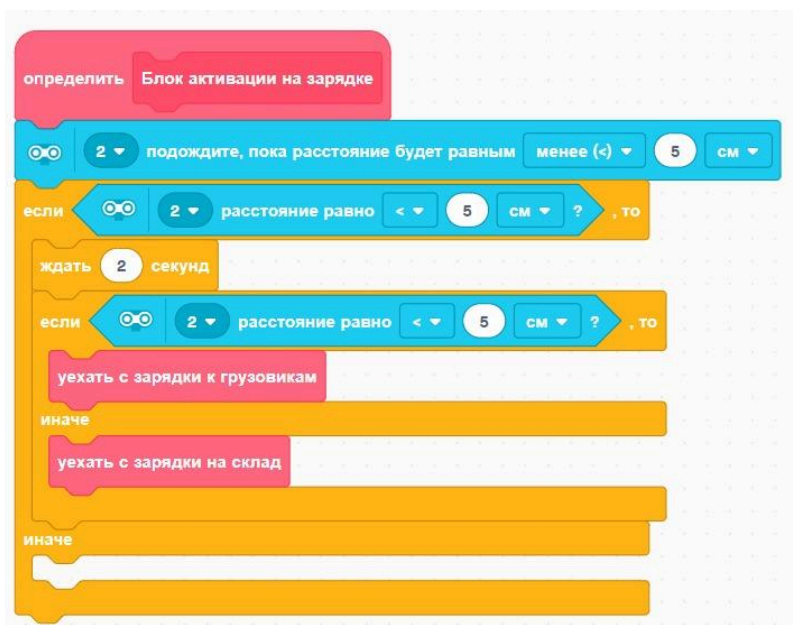


Рисунок 6.

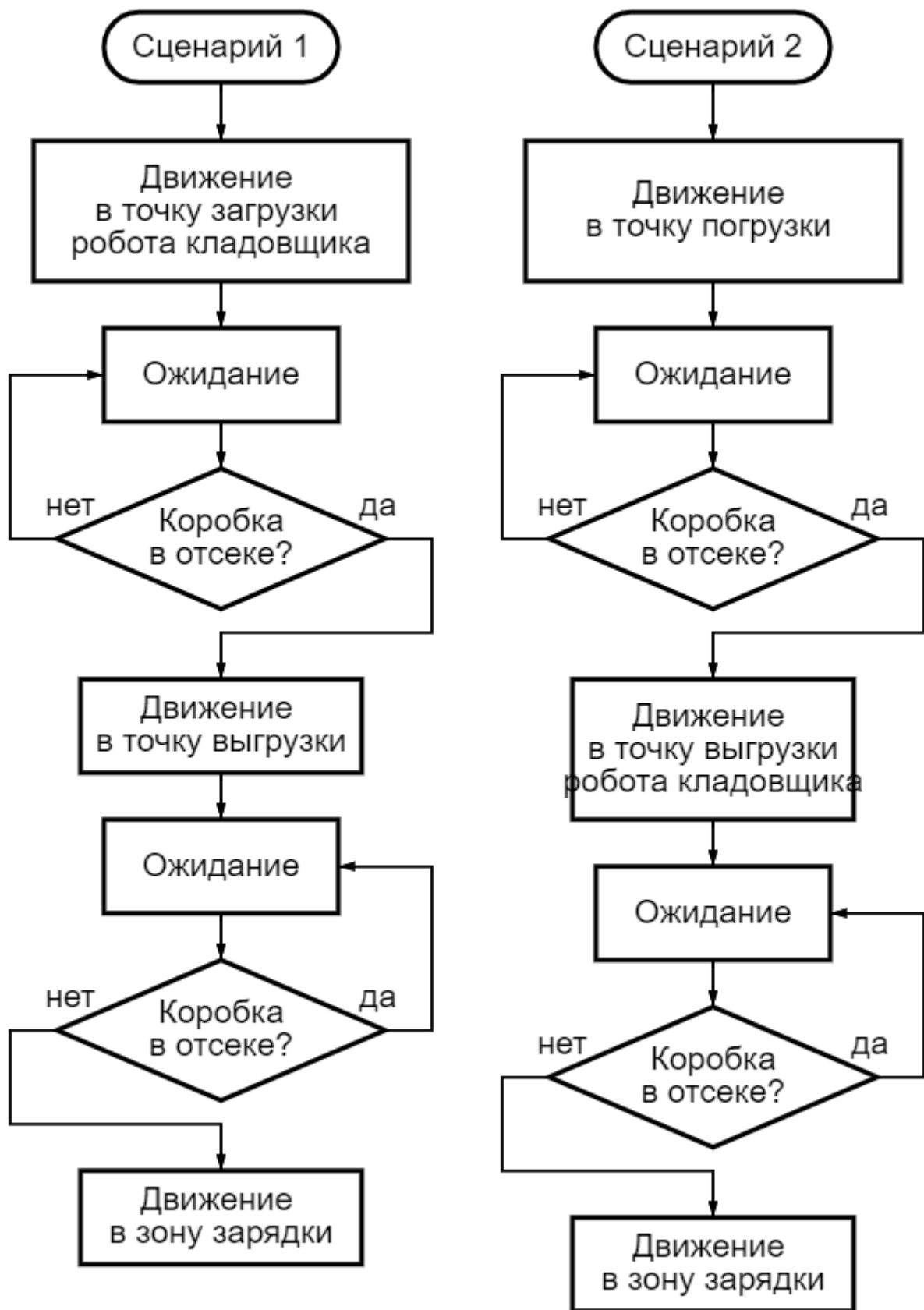


Рисунок 7.

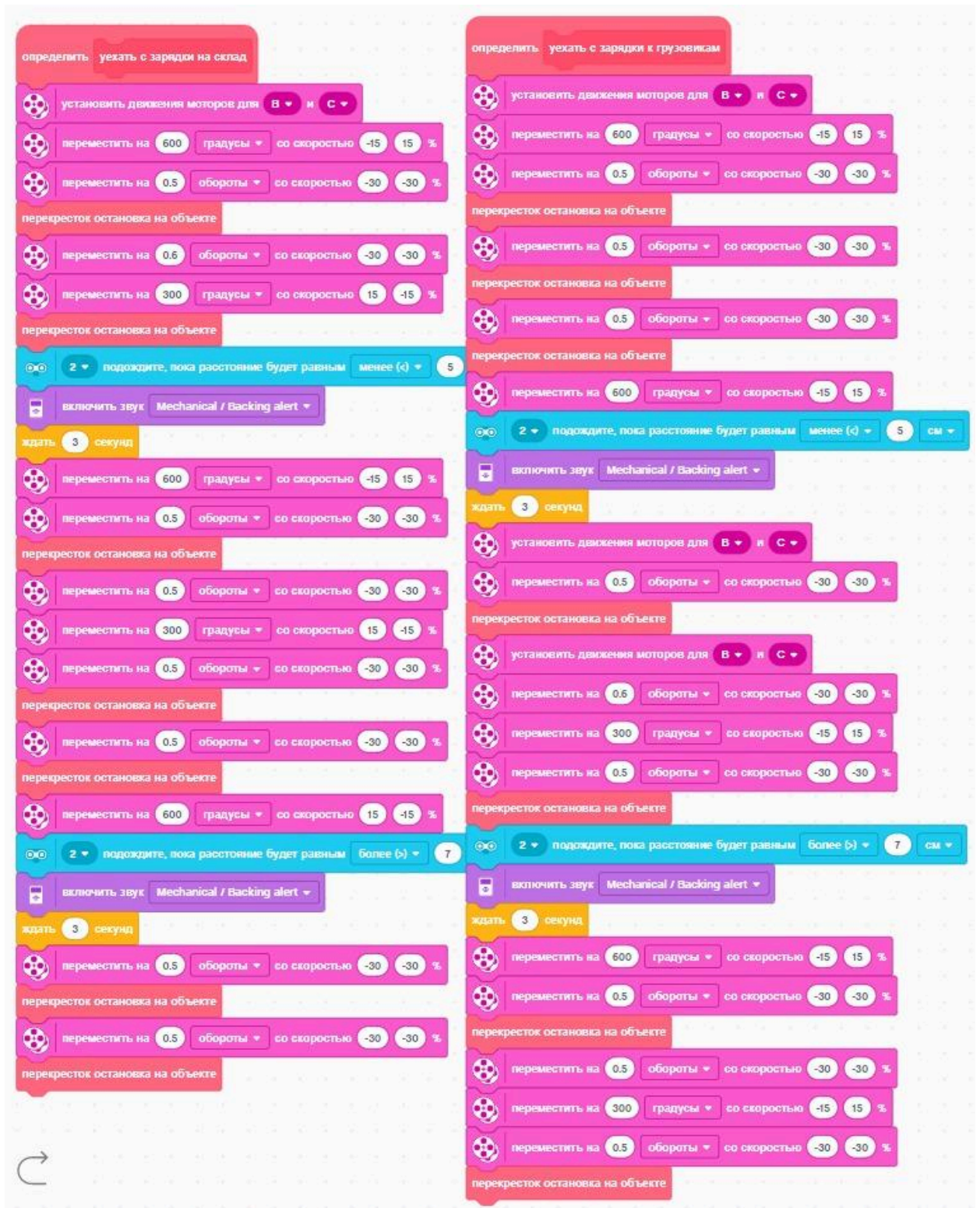


Рисунок 8.

#### Робот- кладовщик. (см приложения 4)

Робот - кладовщик состоит из трёх блоков. Два блока используются для управления кладовщиком, а третий блок играет роль пульта управления складом.

Для перемещения захвата по оси X, робот - кладовщик использует алюминиевые направляющие: каретки и два больших мотора Lego Mindstorms EV3. Внутри алюминиевых направляющих находятся рейки. Робот движется вперед и назад с помощью шестеренки, которая цепляется за эти рейки. На оси X есть свой концевой датчик, его роль играет датчик нажатия.

Для перемещения захвата по оси Y робот - кладовщик также использует каретку и алюминиевый профиль, и один большой мотор Lego Mindstorms EV3. Система с рейками и шестеренкой используется как и по оси X. На оси Y у робота есть концевой датчик, его роль также играет датчик нажатия.

Для перемещения захвата по оси Z используется тот же самый механизм, на этой оси у робота также есть концевой датчик.

Для вращения захвата мы используем спроектированную и напечатанную на 3D принтере детали, они представляют из себя пластину, шестерню закрепленную на валу и держатель этой шестерёнки. Для того чтобы захват мог крутиться мы используем средний мотор Lego Mindstorms EV3. На оси вращения также есть концевой датчик

Сам захват представляет из себя простую механическую конструкцию. Это вилочный захват со стопорами для коробки. Эти стопоры - нуны, чтобы коробка не слетала с захвата. Мы не используем никакие механизмы для прижимания коробок. На захвате размещен датчик цвета Lego Mindstorms EV3, который нужен для определения маркировки коробки.

#### Пульт управления. (см приложения 3)

Пульт управления складом очень простой. Он представляет из себя блок с закрепленными на нем датчиками нажатия Lego Mindstorms EV3 и датчиком цвета Lego Mindstorms EV3, эти датчики позволяют выбрать режим работы, и заказать коробку необходимой цветовой маркировки.



Рисунок 9.



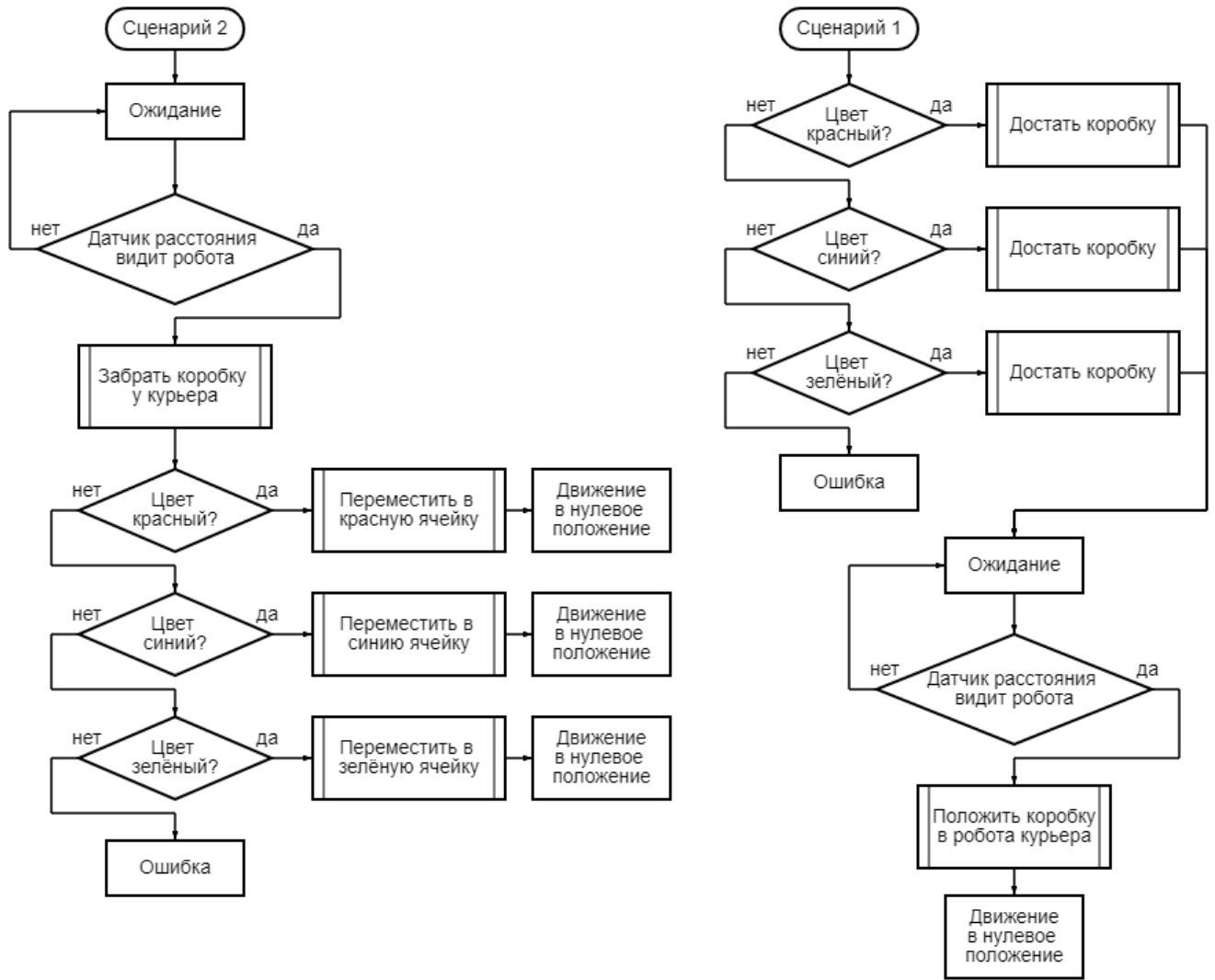


Рисунок 10.

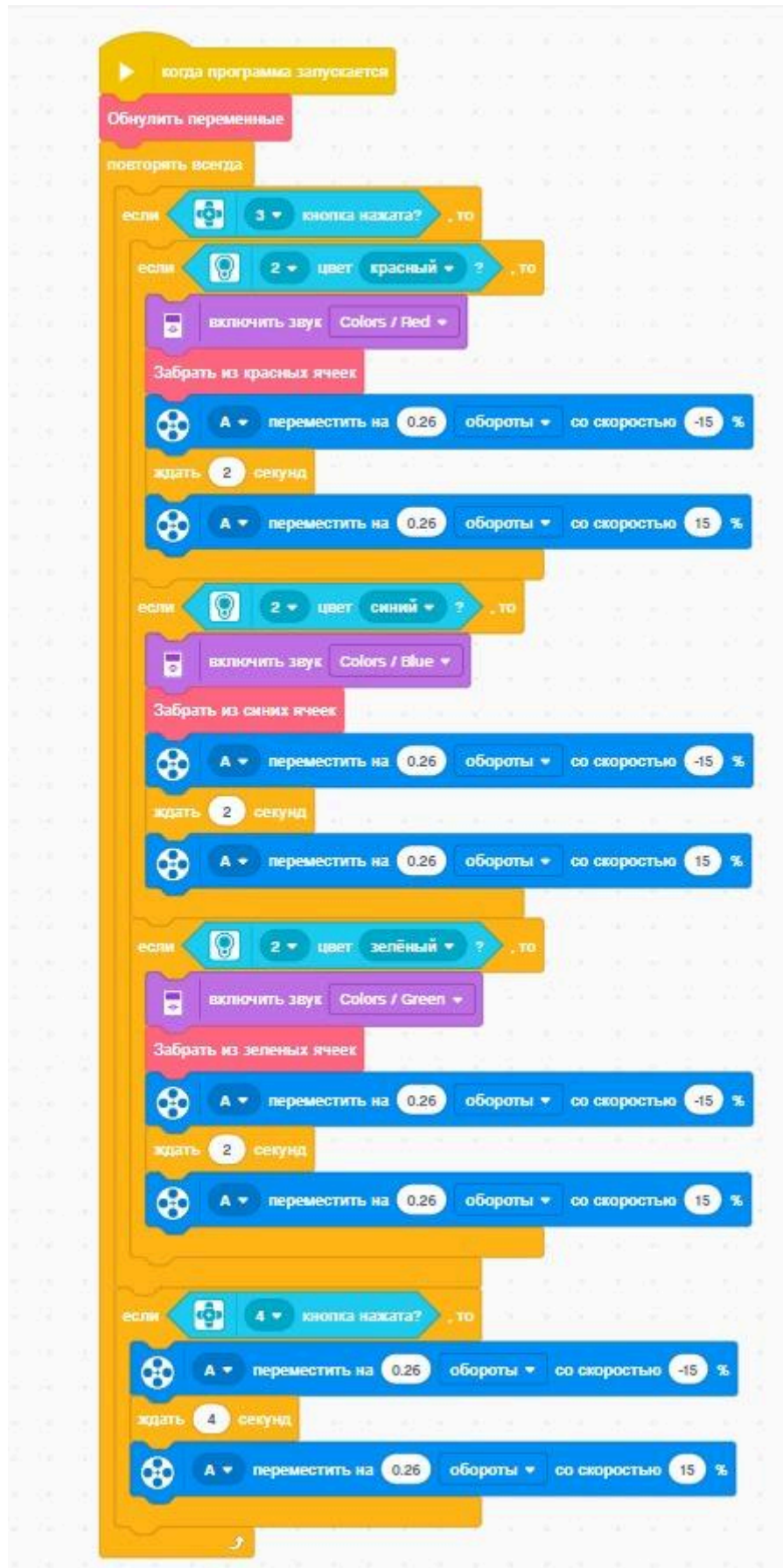


Рисунок 11.

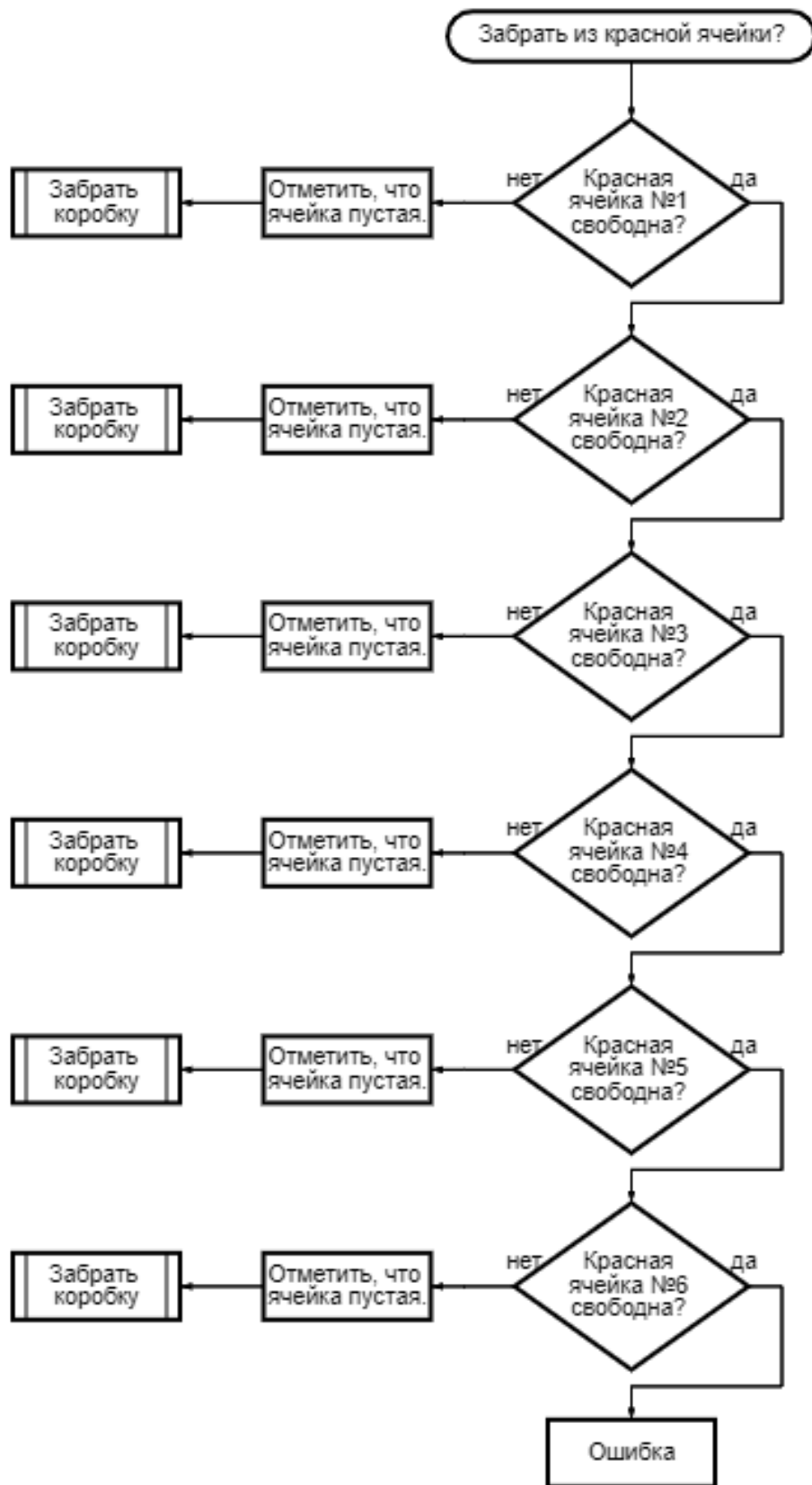


Рисунок 12.

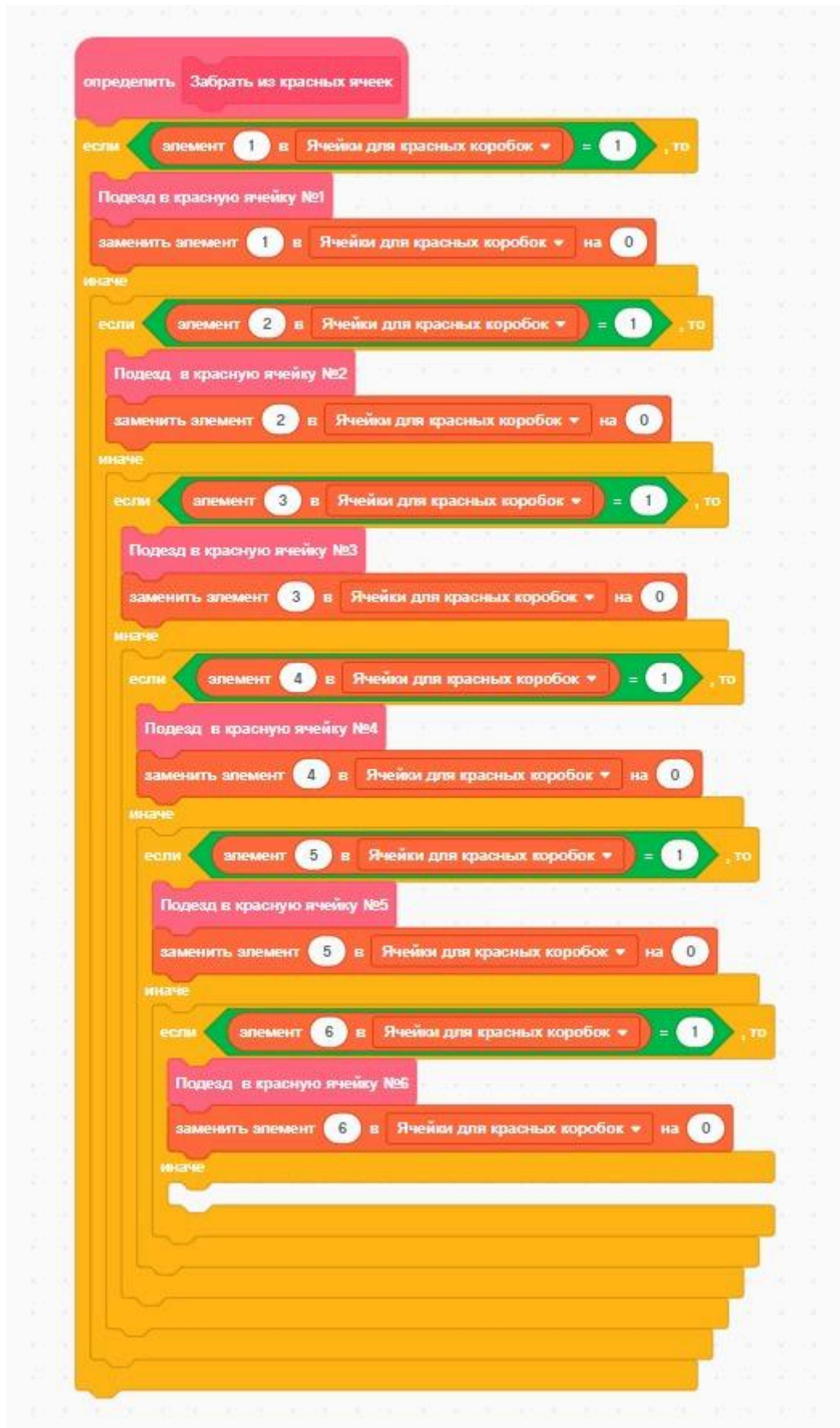


Рисунок 13.

## ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ И ИННОВАЦИИ

Высказывание генерального директора Слава Мусилек (Slavoj Musílek) Universal Robots в странах Центральной и Восточной Европы, СНГ и России: “При использовании коллаборативных роботов на производстве число производственных травм, вызванных наиболее распространенными причинами, можно сократить на 72%.” Это высказывание стало подтверждением идеи для создания проекта.

Разработка программно-аппаратного комплекса для автоматизации складского помещения оказывает многоплановое влияние на социальную сферу. Инновации в этой области не только повышают эффективность складских операций, но и приводят к значительным изменениям в рабочих процессах, трудовой деятельности и условиях труда.

### **1 Снижение количества несчастных случаев**

Внедрение роботизированных комплексов, выполняющие самые опасные задачи, значительно снижает количество несчастных случаев, в которых может пострадать человек.

### **2 Снижение физической нагрузки**

Автоматизация складских операций значительно снижает физическую нагрузку на сотрудников. Рутинные и тяжелые физические задачи, такие как перемещение и укладка товаров, выполняются роботами.

### **3 Изменение характера труда**

Внедрение автоматизации изменяет характер труда сотрудников склада. Вместо выполнения механической работы, сотрудники занимаются более интеллектуальными и управленческими задачами.

### **4 Создание новых рабочих мест**

Инновации в области автоматизации складских помещений приводят к созданию новых рабочих мест, связанных с обслуживанием, ремонтом и настройкой роботов.

Внедрение программно-аппаратного комплекса автоматизации на один из складов «Газпром нефти» на Крайнем севере поможет решить проблему кадрового голода и уменьшить количество несчастных случаев.

## ГЛАВА 6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Мы разрабатываем программно аппаратный комплекс автоматизации складского помещения, который будет работать без участия людей, но под их контролем.

Для выполнения поставленных задач мы разработали двух роботов.

Мы рассматриваем две модели монетизации, но обе эти модели могут быть B2B или B2G

1. Мы строим склад и получаем прибыль от того, что сдаем зону хранения в аренду.
2. Мы приходим на существующие склады, автоматизируем их, и остаемся сопровождать работу всех механизмов. Деньги получаем за автоматизацию и за обслуживание роботов (сопровождение).

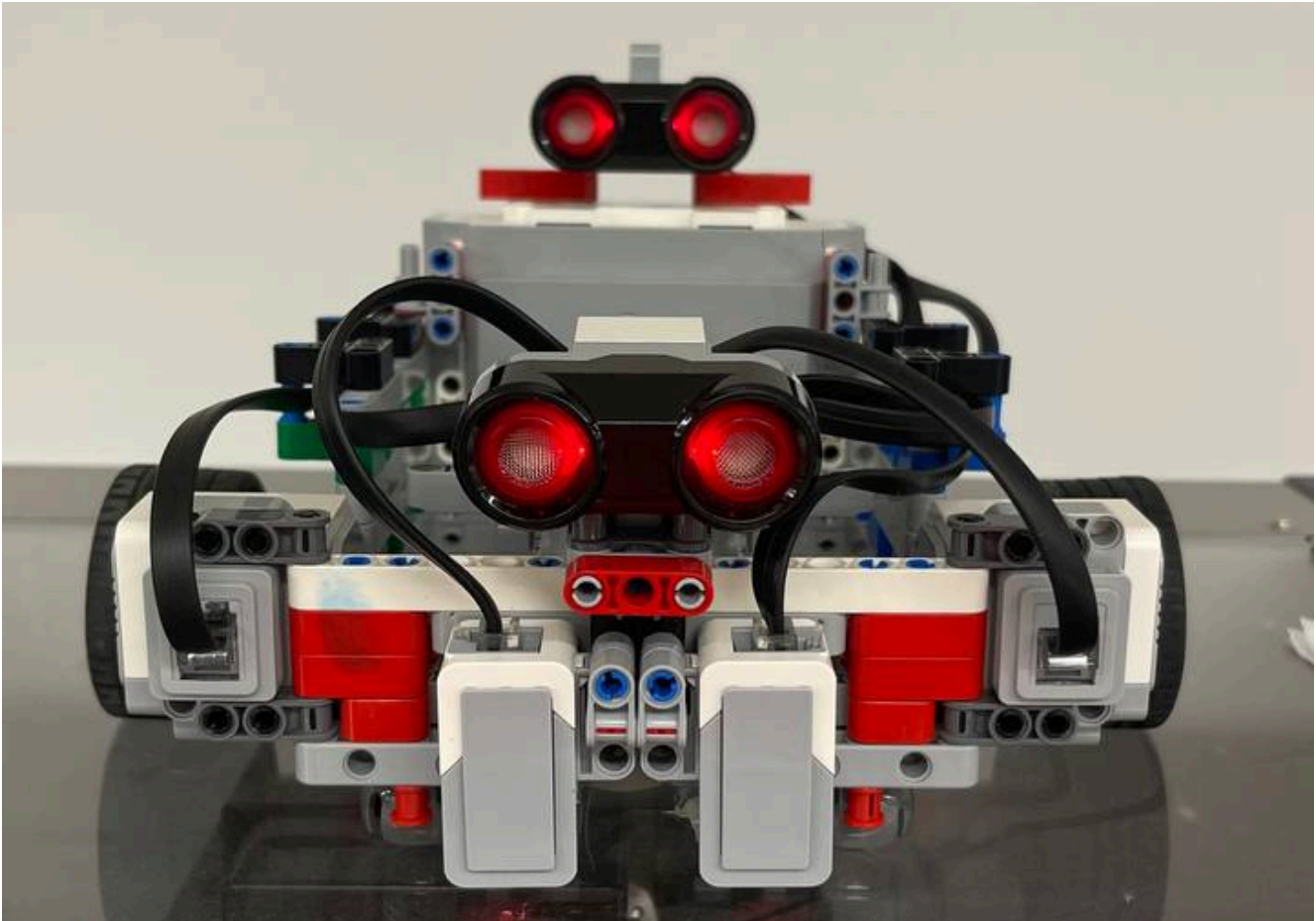
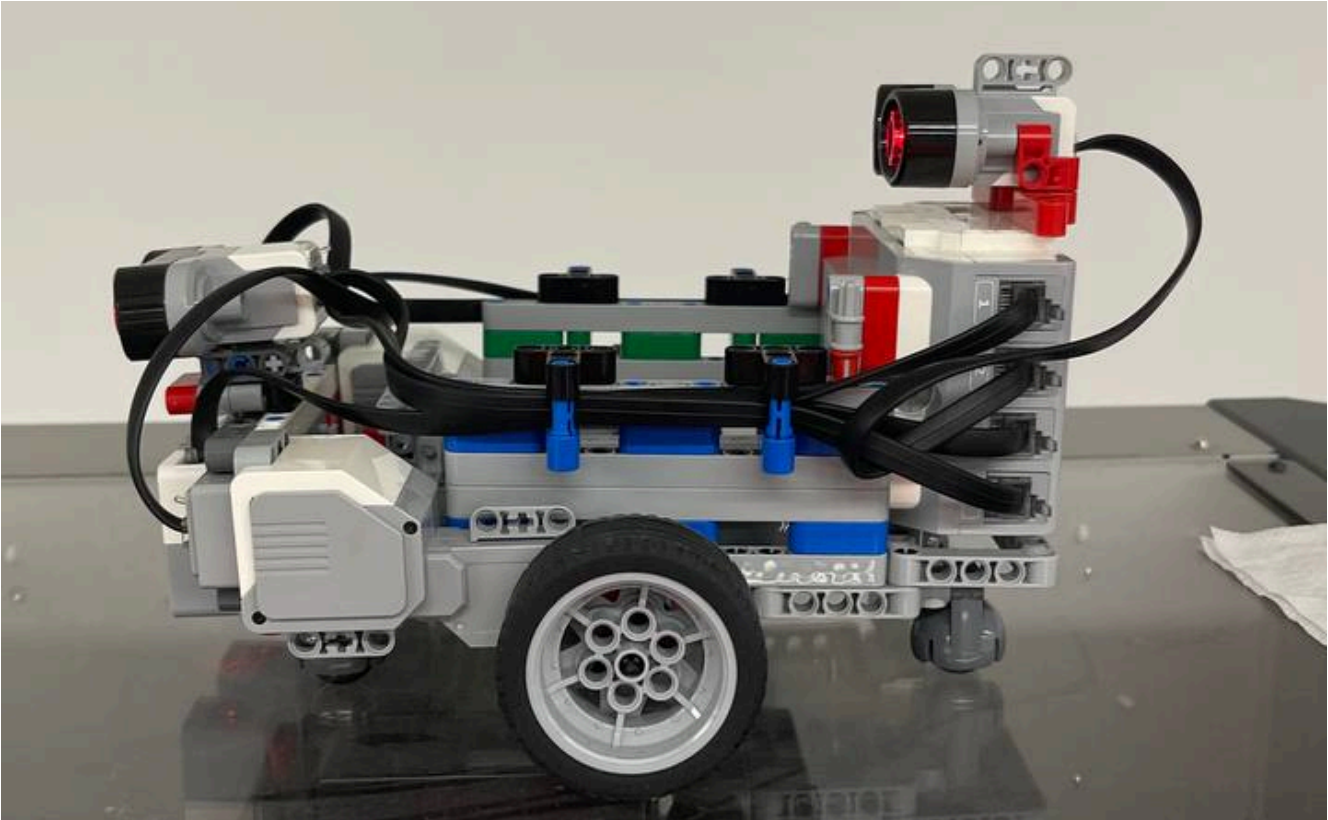
Таблица 2. Канва бизнес-модели.

Ключевые партнеры.	Ключевые виды деятельности.	Ценностные предложения.	Взаимоотношение с клиентом.	Потребительские сегменты
Поставщики электроэнергии. РТУ МИРЭА (поставщики кадров). Поставщики материалов и расходников. Кофейня. Охранное предприятие.	Автоматизация складов заказчиков. Строительство и сдача места на складе в аренду. Сопровождение. (обслуживание роботов) Ведение блога об автоматизации. Участие в конференциях, посвященных автоматизации.	Сдача места под складирование предметов. Решение проблемы кадрового голода, повышения скорости и качества обслуживания.	B2B (бизнес для бизнеса) B2G (бизнес для государства)	Компании нефтегазовой отрасли, с активами находящимися за полярным кругом.
	<b>Ключевые ресурсы.</b>		<b>Каналы сбыта.</b>	
	Программисты и инженеры, еда для работников, вода и электричество.		Выставки. Таргетированная реклама соцсетей и сайта. Личные знакомства.	
<b>Структура издержек.</b>			<b>Потоки поступления доходов.</b>	
Строительство, закупка материалов, покупка комплектующих, зарплаты работникам, расходные материалы, еда и вода, электроэнергия.			Автоматизация складов, строительство и сдача складов в аренду, сопровождение.	

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

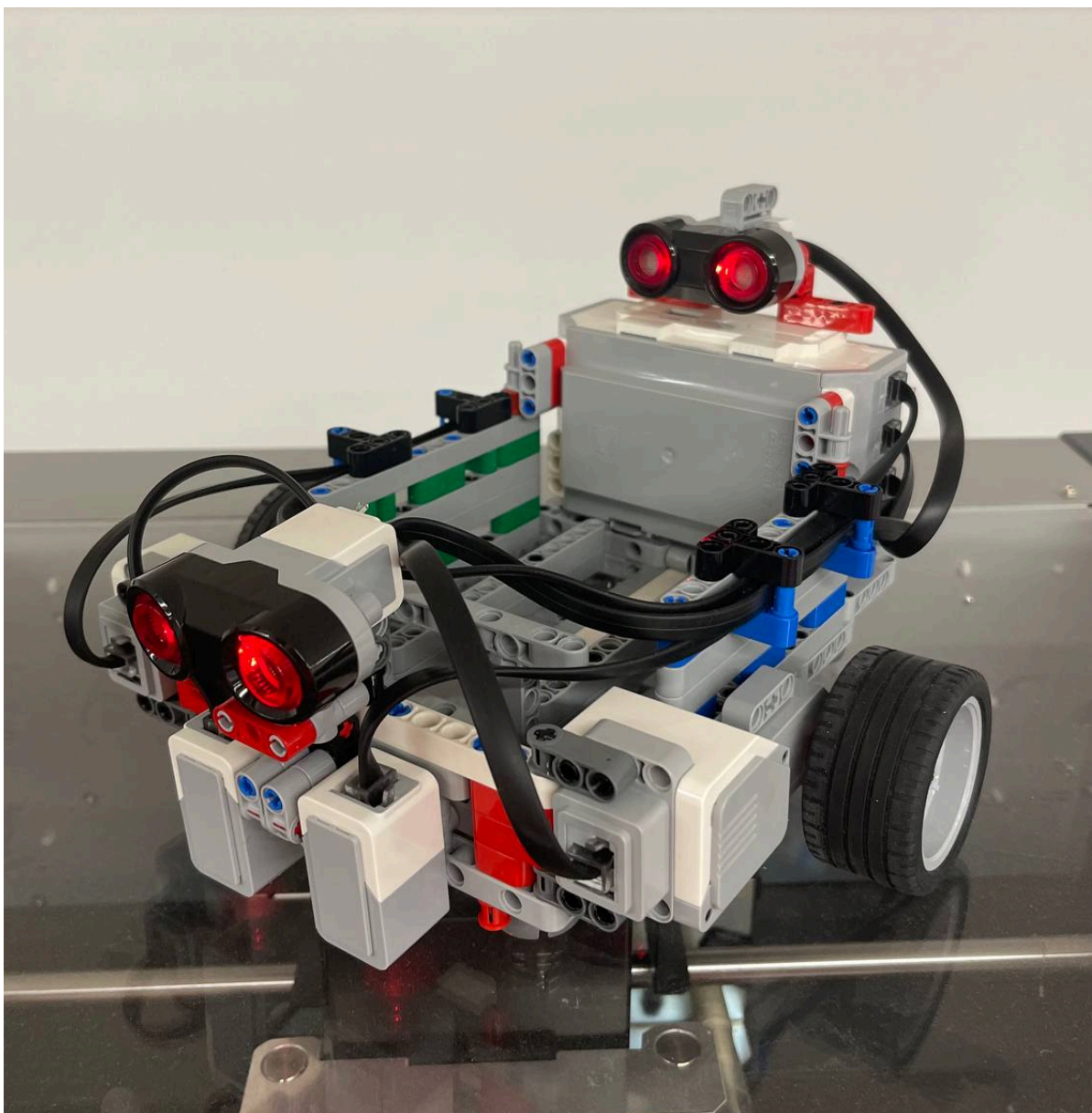
1. Статистика производственных травм. Журнал Тинькофф. [Электронный ресурс] // [journal.tinkoff.ru](http://journal.tinkoff.ru). - Режим доступа: <https://journal.tinkoff.ru/injuries-at-work-stat/> (дата обращения: [22.06.2024]).
2. Травматизм в 2022 году. [Электронный ресурс] // Центраттек. - Режим доступа: <https://www.centrattek.ru/info/travmatizm-2022/> (дата обращения: [22.06.2024]).
3. Роботы делают всё сами! \ \ Топ 10 роботизированных складов мира [Электронный ресурс] // ЮТУБ. - Режим доступа: [https://www.youtube.com/watch?v=ZirVp3gJJ-Q&t=396s&ab\\_channel=ПРОРОБОТОВ](https://www.youtube.com/watch?v=ZirVp3gJJ-Q&t=396s&ab_channel=ПРОРОБОТОВ) (дата обращения: [22.06.2024]).
4. Как работает цифровой склад «Газпром нефти» [Электронный ресурс] // ЮТУБ. - Режим доступа: [https://www.youtube.com/watch?v=m71qSGiyBpA&t=273s&ab\\_channel=Газпромнефть](https://www.youtube.com/watch?v=m71qSGiyBpA&t=273s&ab_channel=Газпромнефть) (дата обращения: [22.06.2024]).
5. Советы от официального сайта Лего [Электронный ресурс] // [education.lego.com](http://education.lego.com). - Режим доступа: <https://education.lego.com/en-us/downloads/retiredproducts/mindstorms-ev3/curriculum/> (дата обращения).

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1.**

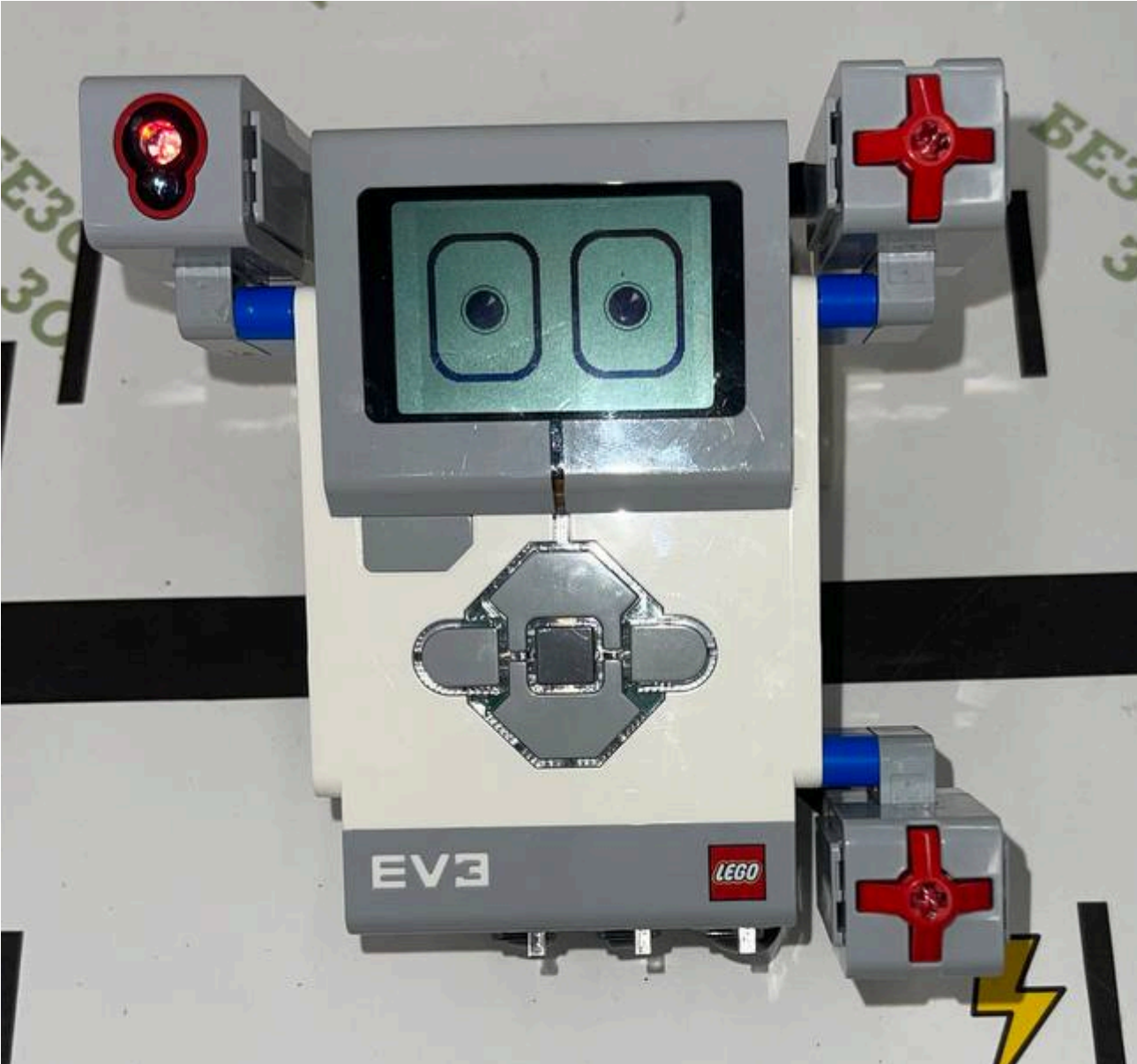




## ПРИЛОЖЕНИЕ 2.



**ПРИЛОЖЕНИЕ 3.**



**ПРИЛОЖЕНИЕ 4.**

