

# Робофинист 2024

## Свободная творческая категория

### ОТЧЕТ по проекту

#### «Роботизированная система для замены труб на буровых установках»

Команда «ПРЭСС»

*Младшая*

#### **Выполнили:**

*Панихин Никита, ученик 4 класса МАОУ  
Лицей № 67 г. Челябинска,*

*Рулевский Максим, ученик 2 класса  
МАОУ Лицей № 142 г. Челябинска;*

#### **Руководитель:**

*Галка Алексей Анатольевич, инженер-  
робототехник ПАО «Челябинский  
кузнечно-прессовый завод»;*

#### **Научный консультант:**

*Мальшев Виталий, инженер-  
робототехник ПАО «Челябинский  
кузнечно-прессовый завод»;*

*Рулевская Л.П. , к.п.н. , доцент кафедры  
«РОС» ГБУ ДПО «ЧИРПО»*

#### **Школьный консультант:**

*Соловьева Е.О. , учитель информатики  
высшей категории МАОУ «Лицей 67 г.  
Челябинска»*

*Шатохина Н.Б., учитель нач. классов  
МАОУ «Лицей 142 г. Челябинска»*

г. Челябинск,

2024

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

|   |    |
|---|----|
| Аннотация.....                            | 3  |
| О команде.....                            | 4  |
| Актуальность проекта.....                 | 5  |
| Глава 1 Конструирование прототипа.....    | 7  |
| Глава 2 Датчики в системах прототипа..... | 14 |
| Глава 3 Программа.....                    | 15 |
| Глава 5: Эксперимент.....                 | 18 |
| Заключение.....                           | 19 |
| Развитие проекта.....                     | 20 |
| Итоги.....                                | 21 |
| Список литературы.....                    | 22 |
| Источники информации.....                 | 23 |
| Благодарность.....                        | 24 |

## АННОТАЦИЯ

Модель роботизированной системы для замены труб на буровых установках, разработанная командой «ПРЭСС» из города Челябинска, представляет собой инновационный проект, направленный на автоматизацию процесса замены труб на буровых установках. Целью данного проекта является повышение безопасности и эффективности выполнения буровых работ.

В рамках проекта команда «ПРЭСС» использовала современные технологии робототехники и программирования, а также различные датчики для создания надежной и точной роботизированной системы. Эти технологии позволяют устройству автоматически выполнять процесс замены труб без участия человека, что существенно снижает риск возникновения несчастных случаев на месте работы и повышает общий уровень безопасности.

В ходе полученных результатов получилось реализовать стабильную и эффективную роботизированную систему для замены труб на буровых установках. Команда смогла достичь повторяемости и точности в работе робота.

Таким образом, разработанная командой ПРЭСС модель роботизированной системы демонстрирует возможность роботизации процесса замены труб и полной автоматизации всего процесса.

## О КОМАНДЕ

Команда «ПРЭСС»:

- Панихин Никита (МАОУ Лицея № 67) – капитан;
- Рулевский Максим (МАОУ Лицея № 142 г. Челябинска) – идейный вдохновитель, конструктор;
- Галка Алексея Анатольевича – руководитель (инженер-робототехник ПАО «Челябинский кузнечно-прессовый завод»)



Рисунок 1

Команда «ПРЭСС» продемонстрировала на соревнованиях разного уровня не только умение создавать технически сложные устройства, но и способность работать в команде, обмениваться идеями и эффективно решать задачи.

Разработанный проект команды «ПРЭСС» претерпевает различные изменения, что привносит вклад в научные и технические достижения, вдохновляя на поиск новых идей и решений.

## АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОЕКТА

С развитием технологий и промышленности требования к безопасности и эффективности производственных процессов растут. В нефтегазовой отрасли особое внимание уделяется буровым установкам, где выполнение ряда операций связано с высокими рисками для человеческой жизни и здоровья. Одной из таких операций является замена труб на буровых установках. Этот процесс требует высокой точности и надежности, так как любая ошибка может привести к серьезным авариям и значительным финансовым потерям.

Использование роботизированных систем, в данном контексте, является перспективным направлением, способным существенно улучшить текущую ситуацию. Автоматизация процессов замены труб позволяет минимизировать человеческий фактор, повысить безопасность работы и снизить время простоя оборудования. Это, в свою очередь, ведет к увеличению общей производительности и снижению эксплуатационных затрат.

На данный момент в России существует только одно роботизированное решение – это ГКШ-8000 «Тимеркул» - Автоматизированный буровой ключ:

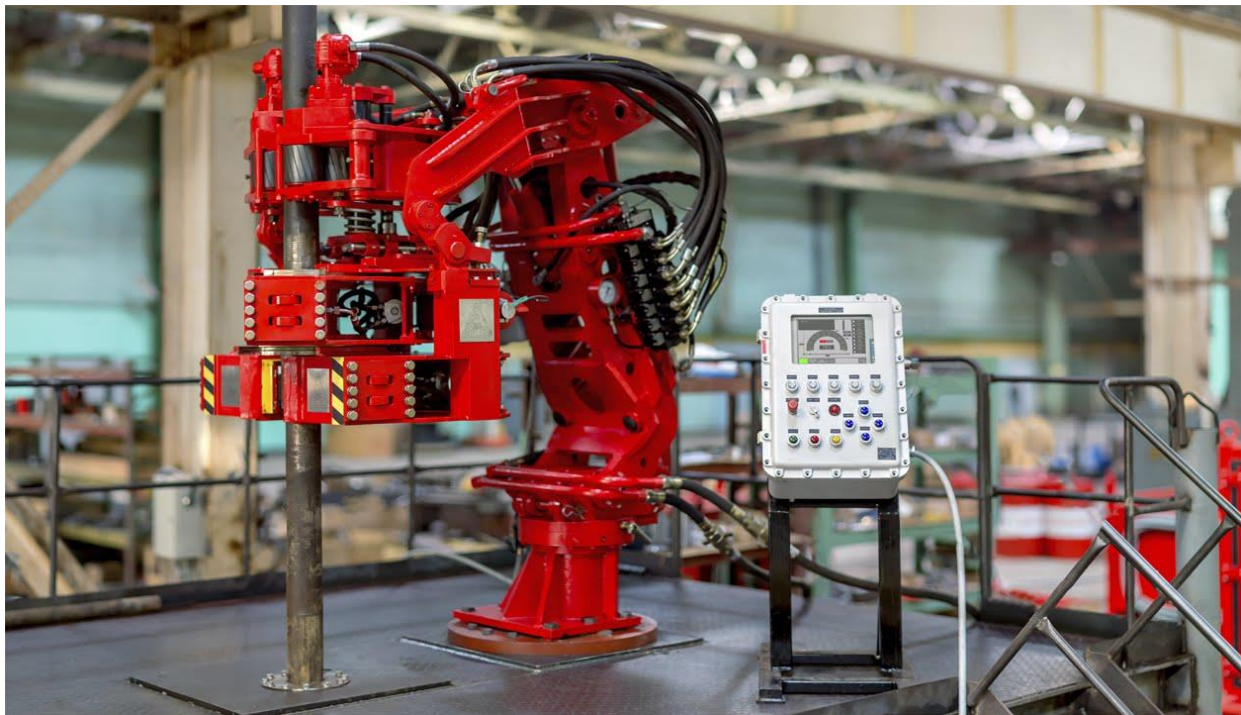


Рисунок 2

Однако, это решение затрагивает только часть всей системы замены труб, но никак не полный цикл.

### **Цель и задачи работы:**

Целью данной работы является разработка и реализация модели роботизированной системы для замены труб на буровых установках, которая способна автономно выполнять все необходимые операции с минимальным вмешательством человека.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие

задачи:

1. Разработка концепции и конструкции прототипа роботизированной системы.
2. Выбор и интеграция необходимых датчиков и исполнительных механизмов.
3. Разработка программного обеспечения для управления роботом.
4. Проведение экспериментов для оценки работоспособности и эффективности системы.
5. Анализ экономической целесообразности применения разработанной системы в промышленности.

На сегодняшний день в промышленности используются различные подходы к автоматизации буровых процессов. Однако большинство из них либо требуют значительных финансовых вложений, либо не обеспечивают должного уровня автономности и безопасности. Разработка доступной и эффективной роботизированной системы, способной самостоятельно выполнять замену труб, представляет собой инновационное решение, которое может существенно изменить существующие методы бурения.

### **Методология исследования**

В рамках данного проекта были использованы современные методы инженерного проектирования и программирования. Конструкция робота была разработана с использованием модульных компонентов LEGO, что позволило быстро создать рабочий прототип и провести необходимые испытания. Для управления системой были применены микроконтроллеры и датчики, обеспечивающие высокую точность и надежность выполнения операций. Программное обеспечение было написано на языке EV3G и WiringC, что обеспечило гибкость и возможность дальнейшей доработки системы.

Таким образом, данный проект представляет собой комплексное исследование, направленное на создание эффективной роботизированной системы для замены труб на буровых установках, что может значительно повысить безопасность и производительность в нефтегазовой отрасли.

### **Разработка концепции и проектирование:**

Процесс конструирования прототипа начался с разработки концептуальной модели, которая определяла основные функциональные требования к роботизированной системе. Основной задачей было создание устройства, способного выполнять три ключевые функции: зажатие трубы, закручивание трубы и подача трубы. Эти функции являются критически важными для обеспечения безопасной и эффективной замены труб на буровых установках.

## ГЛАВА 1 КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА

Основные компоненты прототипа были выбраны с учетом надежности, простоты интеграции и возможности быстрой модификации. В качестве базового конструкционного материала использованы элементы конструктора LEGO, что позволило создать модульную и гибкую структуру, легко поддающуюся доработке. Все компоненты робота построены на основе реальных чертежей устройств: буровая установка, промышленный робот манипулятор, робототехнологический комплекс:

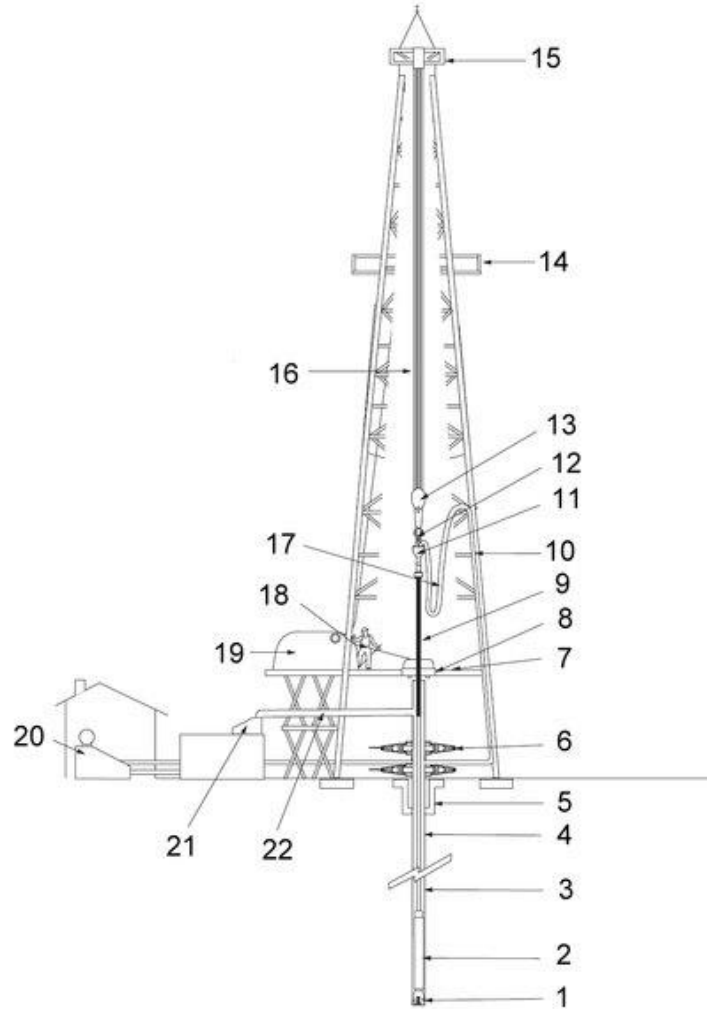


Рисунок 3

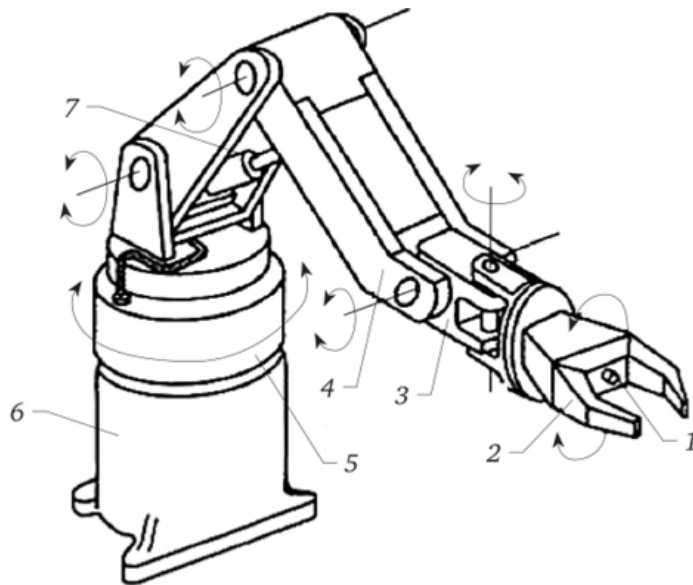


Рисунок 4

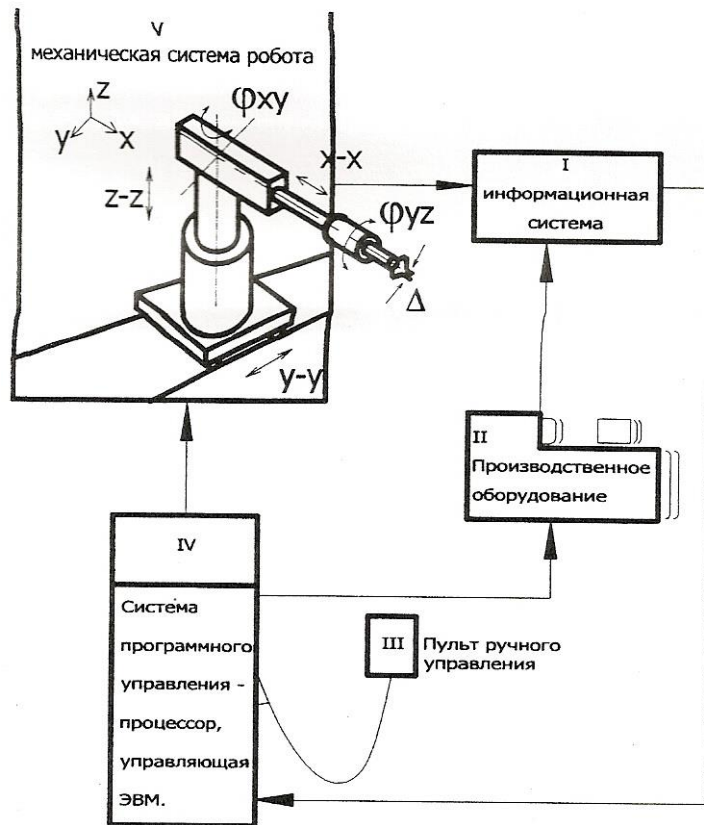


Рисунок 5

Робота можно разделить на две части: корпус, основные элементы и механизмы.

### Корпус и основные элементы:

Корпус робота состоит из вертикальных и горизонтальных элементов конструктора LEGO, что обеспечивает прочность и устойчивость конструкции. Используется много рамок LEGO различного размера, с помощью них получилось обеспечить жесткость и прочность конструкции. Примером корпуса является вертикальная стойка для крана, который подает трубы:



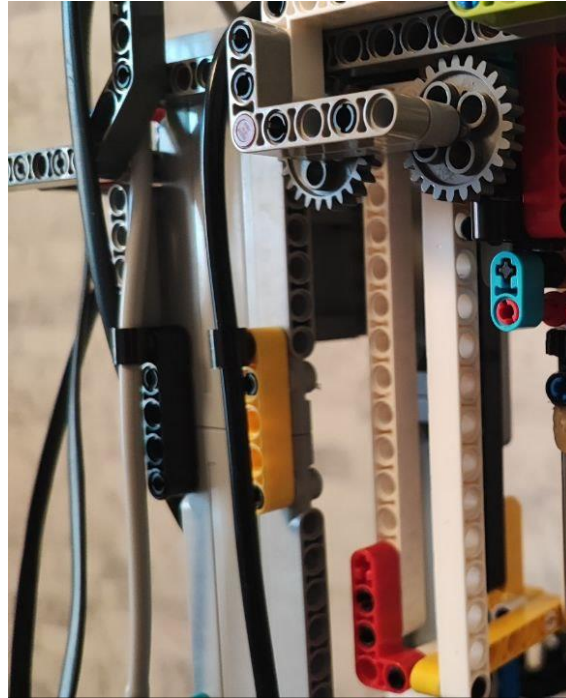


Рисунок 6

### **Механизмы:**

Для работы всех механизмов используется пневматическая система и различные механизмы, реализованные с помощью линейных актуаторов и механических передач, для управления робота используется 4 микроконтроллера Ev3 и 16 моторов.

Функции робота:

1. Для работы пневматической системы используется компрессор, с помощью большого мотора компрессор подает воздух под давлением:

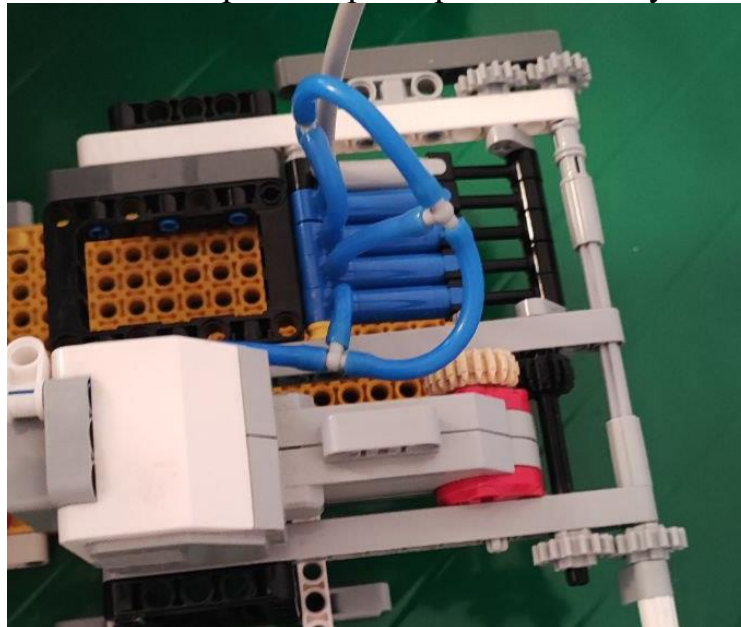


Рисунок 7

2. Зажатие трубы: используются пневматические цилиндры и два линейных актуатора для приведения в действие зажимного механизма, который фиксирует трубу в нужном положении:

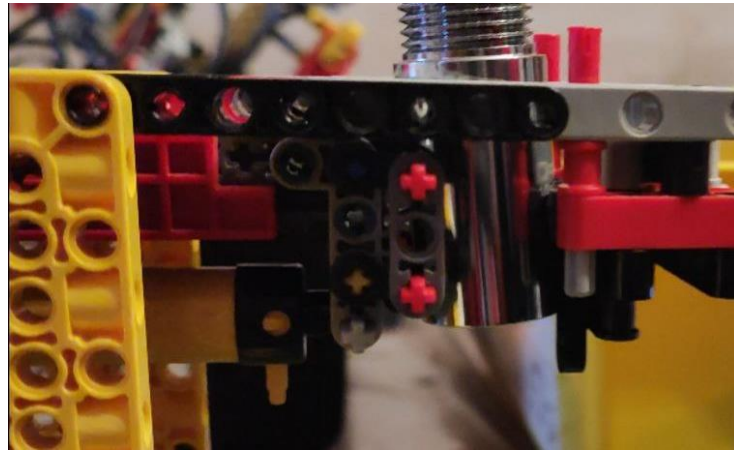


Рисунок 8

3. Управление пневмоключами, с помощью больших моторов и маленьких линейных актуаторов происходит управление подачей воздуха на цилиндры в работе.

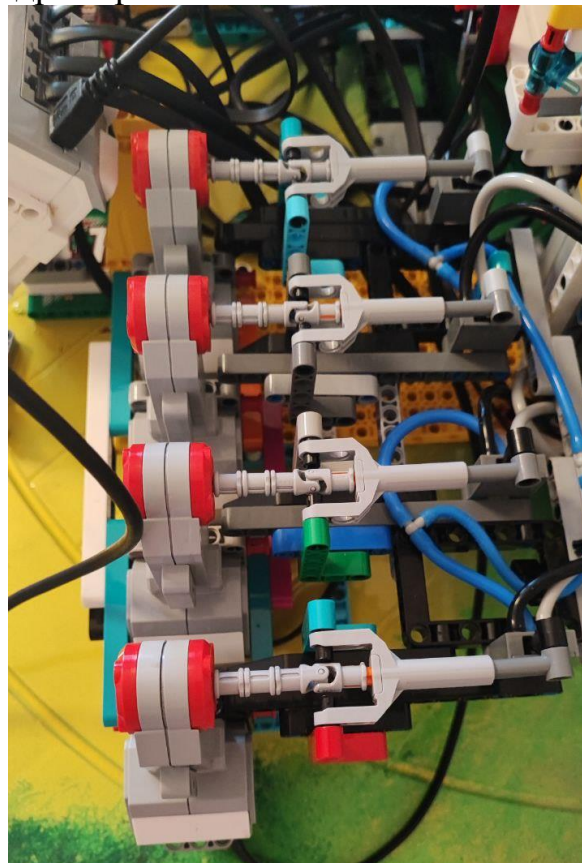


Рисунок 9

4. Конвейер для подачи труб, для дальнейшей загрузки в скважину.

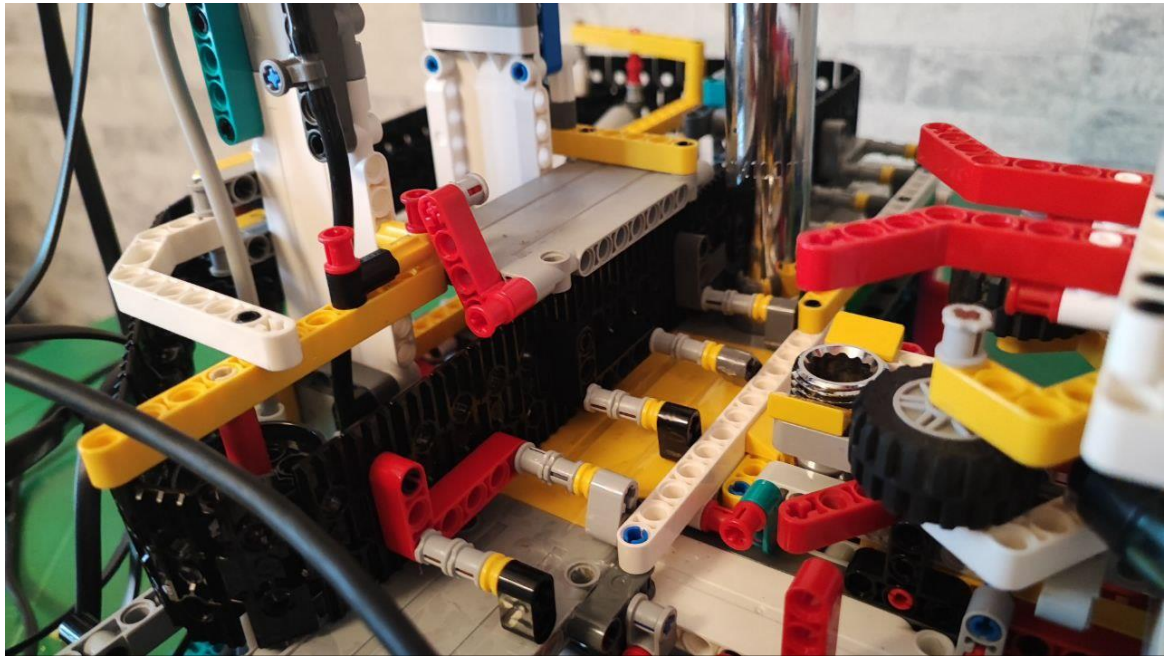


Рисунок 10

5. Механизм зажима труб на конвейере. Для раскручивания труб с крана.

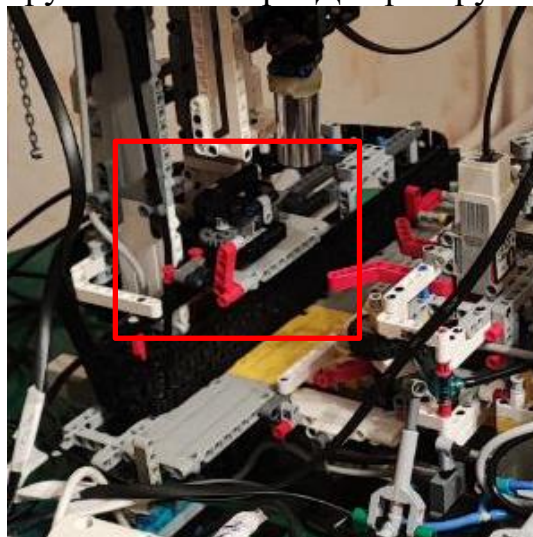


Рисунок 11

6. Кран, используются 3 механизма, позволяющие перемещать крану трубы в двух направлениях:

а. Механизм для захвата труб:

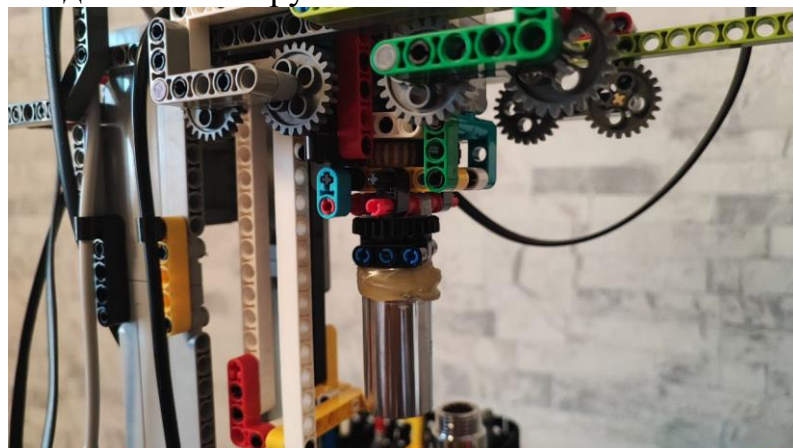


Рисунок 12

в. Механизм для подъема труб.

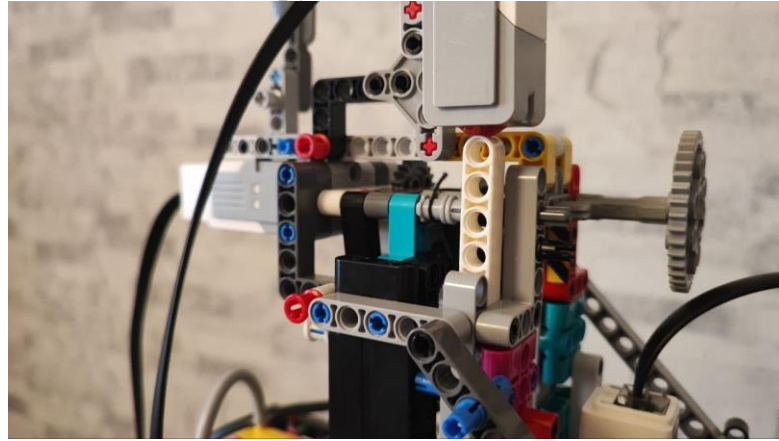


Рисунок 13

с. Механизм для перемещения труб.

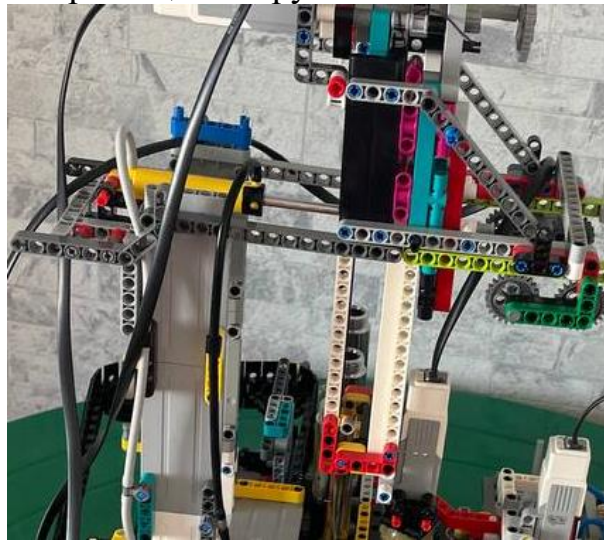


Рисунок 14

7. Механизм закручивания труб, состоит из подающего элемента, элемента для фиксации труб и вращающегося катка.

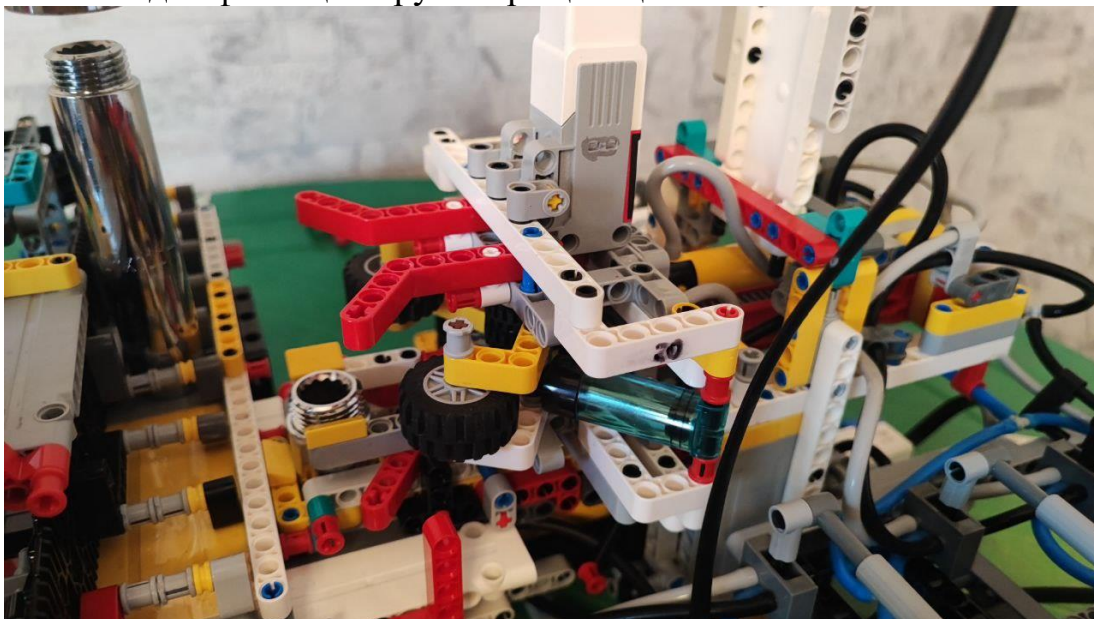


Рисунок 15

8. Манипулятор. Для перемещения труб разного назначения используется модель промышленного робота манипулятора.



Рисунок 16

9. Конвейер для подачи труб роботу манипулятору.



Рисунок 17

Все эти механизмы работают совместно, выполняя общий алгоритм, большая часть механизмов имеют только две рабочие позиции, что дает возможность работать роботу большое количество дополнений, без технического обслуживания.

## ГЛАВА 2 ДАТЧИКИ В СИСТЕМАХ ПРОТОТИПА

### Датчики и управление

Для обеспечения точности и надежности операций, в системе используются датчики касания, цвета и различные модули датчиков для обеспечения безопасности. Эти датчики играют ключевую роль в управлении подачей воздуха, движением труб на конвейере и процессом закручивания труб.

Датчик касания используется для фиксации крайнего положения механизма подъема крана.

Датчик цвета используется для определения позиции конвейера и определения номера трубы.

Система безопасности представляет из себя несколько элементов, таких как датчики расстояния и датчики отпечатка пальцев. Для того, чтобы запустить робота, необходимо выполнить все требования к готовности робота: Отсутствие трубы, зажатый механизм, начальное положение системы. После этого, обученный персонал запускает робота приложив палец к датчику отпечатка пальцев.



Рисунок 18

## ГЛАВА 3 ПРОГРАММА

Для написания программы была составлена последовательность действий.

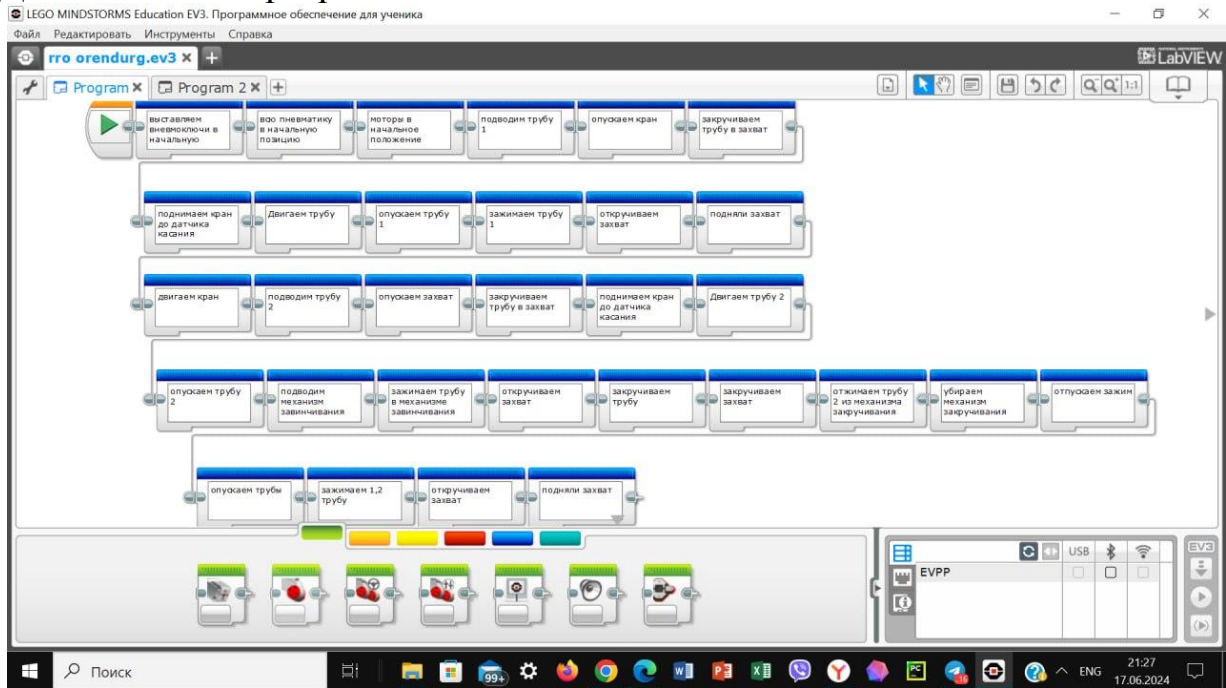


Рисунок 19

С помощью языка программирования WiringC были написаны программы для авторизации обученного персонала. Первая программа необходима для записи отпечатков пальцев в память датчика.

```
#include <Adafruit_Fingerprint.h>

SoftwareSerial mySerial(2, 3);
Adafruit_Fingerprint finger = Adafruit_Fingerprint(&mySerial);
uint8_t id;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial);
  delay(100);
  Serial.println("\n\nAdafruit Fingerprint sensor enrollment");

  // set the data rate for the sensor serial port
  finger.begin(57600);

  if (finger.verifyPassword()) {
    Serial.println("Found fingerprint sensor!");
  } else {
    Serial.println("Did not find fingerprint sensor :(");
    while (1) { delay(1); }
  }
}

uint8_t readnumber(void) {
  uint8_t num = 0;

  while (num == 0) {
    while (! Serial.available());
    num = Serial.parseInt();
  }
  return num;
}

void loop()
{
  Serial.println("Ready to enroll a fingerprint!");
  Serial.println("Please type in the ID # (from 1 to 127) you want to save this finger as...");
  id = readnumber();
  if (id == 0) { // ID #0 not allowed, try again!
    return;
  }
  Serial.print("Enrolling ID #");
  Serial.println(id);
}
```

Рисунок 20

Вторая программа необходима для фиксации отпечатков и при необходимости отправки сигнала на блок Ev3 о начале работы. Данные передаются по шине I2C.

```

p = finger.image2Tz();
if (p != 2) {
  Serial.println(p);
}
if (p != FINGERPRINT_OK) {
  return -1;
}

p = finger.fingerFastSearch();
if (p != FINGERPRINT_OK) {
  return -2;
}

// found a match!
Serial.print(F("Found ID #"));
Serial.println(finger.fingerID);
if (finger.fingerID == 10 or finger.fingerID == 11 or finger.fingerID == 14 or finger.fingerID == 12) {
  k = true;
  Serial.println(k);
}
else {
  k = false;
  Serial.println(k);
}

Serial.print(F(" with confidence of "));
Serial.println(finger.confidence);
return finger.fingerID;
}

```

Рисунок 21

Программа состоит из 6 основных этапов:

### 1. Калибровка.



Рисунок 22

### 2. Проверка готовности робота.

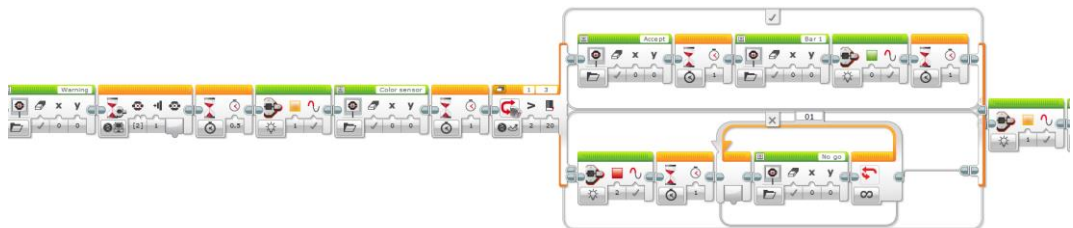


Рисунок 23

### 3. Выгрузка буровой трубы





Рисунок 24

## 4. Загрузка обсадных труб

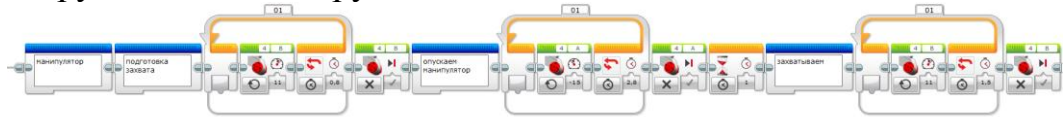


Рисунок 25

## 5. Загрузка первой обсадной трубы.



Рисунок 26

## 6. Загрузка последующих труб.



Рисунок 27

В каждом этапе программы, робот последовательно выполняет заданные команды. Для успешной работы программы были подобраны все необходимые параметры.

Робот питается от сети, что позволяет не перенастраивать программу в зависимости от заряда аккумулятора микроконтроллера. Программа носит, как и линейный, так и вариативный характер в зависимости от задачи программа выстроена таким образом, что есть возможность быстрого редактирования и перенастройки (если это потребуется).

## ГЛАВА 5: ЭКСПЕРИМЕНТ

Чтобы удостовериться в работоспособности разработанного прототипа роботизированной системы для замены труб, мы провели серию тщательно запланированных испытаний. Эти испытания были проведены в условиях, которые максимально приближены к реальным сценариям эксплуатации. Мы стремились воссоздать все те факторы, с которыми могла бы столкнуться система в реальном производственном процессе.

Результаты испытаний оказались весьма обнадеживающими. Наш робот успешно справился с поставленными задачами по замене труб в различных условиях. Он демонстрировал высокую точность и надежность в выполнении каждого этапа процесса, начиная от демонтажа старых труб и заканчивая установкой новых.

Выводы из этих испытаний позволяют утверждать, что разработанный нами робот является эффективным и надежным инструментом для замены труб. Его высокая производительность и способность работать в различных условиях делают его значимым активом для промышленных предприятий, стремящихся к оптимизации процессов и повышению безопасности на производстве.



Рисунок 28

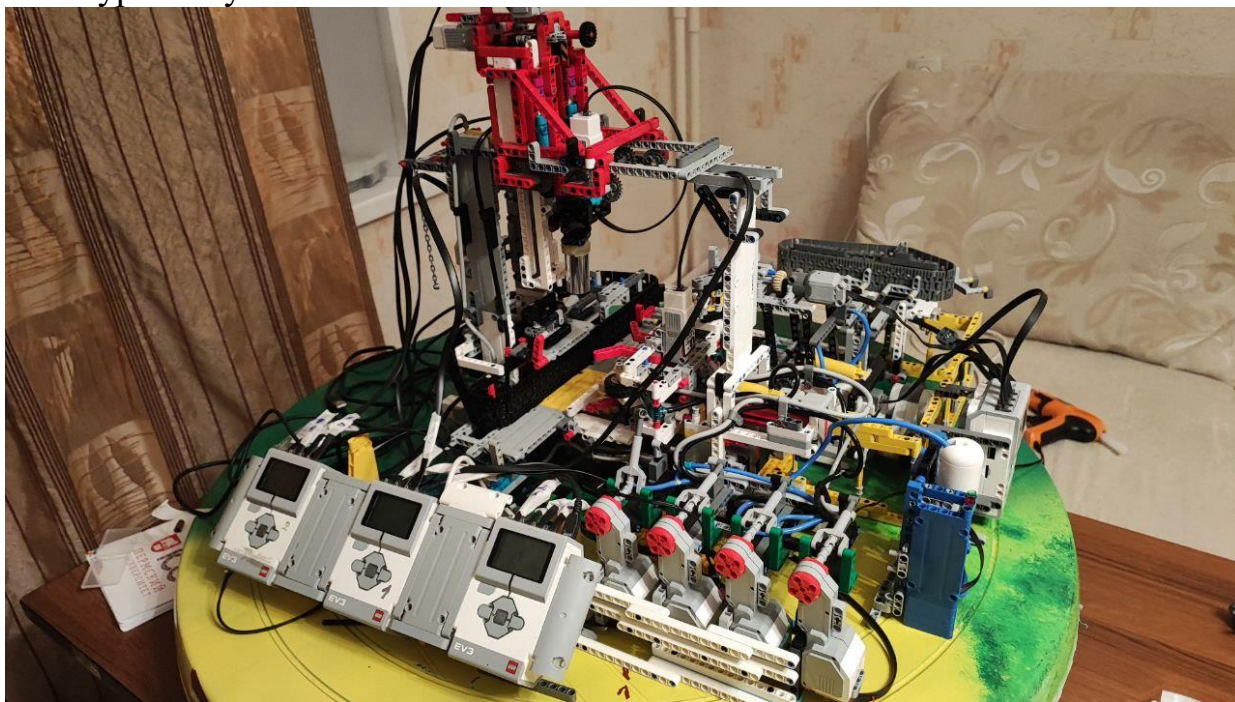
## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По завершении проекта по разработке и испытанию роботизированной системы для замены труб на буровых установках, мы пришли к нескольким важным выводам. На протяжении всего процесса разработки и тестирования мы уделяли особое внимание достижению двух основных целей: повышению безопасности и эффективности буровых работ.

Результаты нашей работы показали, что разработанная система действительно способна достичь этих целей. В ходе испытаний робот успешно справился с задачами по замене труб на буровых установках, демонстрируя высокую точность и надежность в выполнении каждого этапа процесса. Благодаря автоматизации этого ключевого процесса, мы ожидаем значительного сокращения времени, необходимого на замену труб, а также снижения риска возникновения несчастных случаев и травм.

Эти результаты делают нашу разработку перспективной для внедрения в нефтегазовую отрасль. Учитывая необходимость повышения безопасности и эффективности производственных процессов на буровых установках, наша роботизированная система представляет собой значимый шаг вперед. Мы убеждены, что её внедрение будет способствовать улучшению рабочих условий и оптимизации производственных процессов в этой отрасли.

Таким образом, наш проект по разработке роботизированной системы для замены труб на буровых установках доказал свою эффективность и перспективность для индустрии нефти и газа. Мы готовы к следующему этапу - внедрению этой инновационной технологии в реальные производственные условия с целью дальнейшего повышения безопасности и эффективности работы на буровых установках.



## РАЗВИТИЕ ПРОЕКТА

Планы по развитию проекта включают в себя ряд ключевых шагов, направленных на улучшение функциональности и эффективности роботизированной системы для замены труб на буровых установках.

Первым шагом в развитии проекта будет доработка программного обеспечения. Это позволит значительно улучшить автономность работы робота. Разработка более сложных алгоритмов и улучшение системы искусственного интеллекта позволят роботу принимать самостоятельные решения в различных ситуациях на месте работы, что повысит его эффективность и гибкость.

Добавление всех элементов бурения, позволит полностью тестировать прототип робота.

Дополнительные испытания в различных условиях эксплуатации также являются важным этапом развития проекта. Это позволит убедиться в работоспособности и надежности роботизированной системы в различных климатических и рабочих условиях, таких как высокие и низкие температуры, повышенная влажность, а также при различных типах труб и структур буровых установок.

Более тщательные испытания также позволят выявить возможные слабые места системы и предпринять меры по их устранению. Это поможет создать более надежное и эффективное устройство, которое будет готово к внедрению в промышленную эксплуатацию.

Таким образом, развитие проекта включает в себя как технические усовершенствования, так и расширение практической базы по тестированию и оптимизации работы роботизированной системы, что позволит создать более конкурентоспособное и востребованное решение для нефтегазовой отрасли.

## ИТОГИ

Разработанная нами модель продемонстрировала, что роботизированные системы способны принести существенные изменения в нефтедобывающей сфере.

Введение роботизированных технологий в нефтегазовую отрасль может привести к революционным изменениям в производственных процессах. Повышение эффективности, снижение рисков для работников, сокращение времени простоя оборудования - это лишь несколько преимуществ, которые могут быть достигнуты благодаря применению роботизированных систем.

Внедрение таких систем также может привести к снижению затрат на производство и обслуживание оборудования, оптимизации использования ресурсов и повышению конкурентоспособности предприятий в отрасли. Более того, роботизированные системы могут быть более точными и надежными, что существенно повышает качество выполняемых работ.

Таким образом, модель, которую мы реализовали, демонстрирует не только текущий потенциал роботизированных систем, но и их будущее в нефтегазовой отрасли. Применение этих технологий может привести к существенным изменениям в способах работы и управления в данной сфере, обеспечивая более эффективное, безопасное и экологически устойчивое производство нефти и газа.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Geiger J. How much Crude Oil has the world really consumed? // Oilprice.com, 2019
2. McKinsey: отчет «Цифровая Россия: новая реальность» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mckinsey.com/ru/our-insights>
3. ISO 8373:2012 Robots and robotic devices — Vocabulary. ISO/TC 299 Robotics, 2012 // International Organization for Standardization URL: <https://www.iso.org/standard/55890.html>
4. Национальный стандарт РФ «Роботы и робототехнические устройства. Термины и определения». ГОСТ Р 60.0.0.4-2019/ИСО 8373:2012, 2019 // Консорциум-кодекс: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200162703>
5. A Bionic Inspector Rolls In // Официальный сайт компании Shell. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.shell.com/inside-energy/a-bionic-inspector-rolls-in.html](http://www.shell.com/inside-energy/a-bionic-inspector-rolls-in.html)
6. Беспилотники Калашникова начали мониторинг трубопроводов Роснефти, Газпрома и Транснефти // Информационно-аналитический портал Neftegaz.RU, 2017. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://neftegaz.ru/news/aviatehnika/211896-bespilotniki-kalashnikova-nachali-monitoring-truboprovodovrosnefti-gazproma-i-transnefti/>
7. Нефтегазовой отрасли требуются робототехники и квантовальщики // Нефтегаз.Пресс: 2020. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://neftegaz.press/forecast/neftegazovoj-otrasli-trebuyutsya-robototekniki-ikvantovalshhiki/>
8. Корневская А. В. Внешние и внутренние барьеры на пути внедрения инноваций в нефтегазовом комплексе России // Вестник РУДН. Серия Экономика. 2019. №1. С. 169-179.
9. Государственная программа «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности на период до 2020 года», Распоряжение Правительства РФ № 91-р от 30.01.2013 г. (с изменениями на 31 марта 2020 года) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499091753>

## ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

1. Официальный сайт Федерации спортивной и образовательной робототехники.
2. Документация на используемые датчики и контроллеры.

## БЛАГОДАРНОСТЬ

Команда «ПРЭСС» выражает благодарность своим консультантам за их неоценимую помощь и поддержку в реализации данного проекта. Благодаря их опыту и профессионализму мы смогли достичь значительных результатов и преодолеть множество сложностей в реализации своих идей.