

**Д.С. Курушин, Е.В. Пономарев, В.М. Шепелев**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ ЗА ФРЕЗЕРНО-СВЕРЛИЛЬНЫМ СТАНКОМ**

В статье рассматривается применение компьютерного зрения для обеспечения безопасности при работе за фрезерно-сверлильным станком с использованием фреймворка MediaPipe и модели распознавания рук. Представлен алгоритм распознавания опасных ситуаций и программная реализация алгоритма. Решение выполнено на базе Raspberry Pi.

**Ключевые слова:** компьютерное зрение; фрезерно-сверлильный станок; машинное обучение; безопасность; Raspberry Pi, MediaPipe.

**D.S. Kurushin, E.V. Ponomarev, V.D. Shepelev**

## **USE OF COMPUTER VISION TECHNOLOGY TO ENSURE SAFE WORK AT THE MILLING AND DRILLING MACHINE**

The paper discusses the application of computer vision to ensure safety when working at a milling and drilling machine using the MediaPipe framework and hand recognition model. The algorithm for recognizing dangerous situations and the software implementation of the algorithm are presented. The solution is based on Raspberry Pi.

**Keywords:** computer vision; milling and drilling machine; machine learning; security; Raspberry Pi, MediaPipe.

Вопрос контроля промышленной безопасности является важным, поскольку несчастные случаи на производстве приводят не только к травмам и инвалидности работников, но и наносят серьезный ущерб производству в целом, включая крупные страховые выплаты.

Особую опасность в фрезерно-сверлильном станке для здоровья оператора представляет попадание конечностей в движущиеся части. Для предотвращения таких случаев в станках, как правило, встроены конструктивные элементы безопасности, например, защитный кожух и экран. Также предусмотрена техника безопасности [1], согласно которой необходимо перед включением оборудования проверять наличие защитных приспособлений, никогда не пытаться схватиться за подвижные элементы станка во время его работы и другие инструкции. Тем не

менее, риск возникновения несчастных случаев остается. Например, оператор может проигнорировать правила безопасности или данные системы безопасности могут выйти из строя. Кроме того, существует вероятность случайного попадания конечностей в движущиеся части станка.

Существуют различные подходы предотвращения таких ситуаций при работе за промышленным оборудованием, например, инфракрасные и лазерные датчики или измерение реакции на изменение электрического поля при контакте человека с оборудованием. Однако такие методы имеют свои ограничения в контексте применения к фрезерно-сверлильным станкам. Альтернативным решением являются технологии компьютерного зрения с применением моделей машинного обучения, которые позволят обеспечить более надежное обнаружение рук оператора в опасных зонах станка.

Основная задача – получение координат рук и сравнение их с координатами опасной зоны, в которой риск получения травмы наиболее высокий. Для решения данной задачи использован фреймворк MediaPipe [2], специально разработанный для создания конвейеров машинного обучения и обработки видеопотока в режиме реального времени. Одним из преимуществ данного фреймворка является наличие обученной модели распознавания рук [3]. Также он предоставляет API для языка программирования Python и требует минимальных ресурсов, что позволит его запускать даже на встроенных устройствах интернета вещей, включая Raspberry Pi.

На входе модель распознавания получает кадр видеопотока, а на выходе набор координат ключевых точек на руке и ограничивающую рамку. Пример работы модели представлен на рисунке 1. Полученные координаты можно сравнить с координатами опасной зоны и в случае обнаружения опасной ситуации выключить станок. Соединение станка с Raspberry Pi осуществляется при помощи интерфейса ввода/вывода общего назначения GPIO.

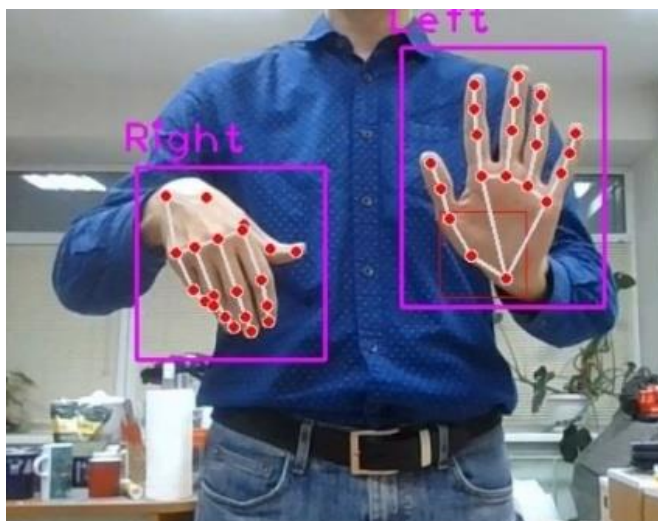


Рисунок 1 - Пример работы модели распознавания

Спроектирован алгоритм распознавания попадания конечностей в опасную зону станка. Данный алгоритм получает кадры с камеры и сравнивает координаты рук оператора с опасной зоной до тех пор, пока станок находится во включенном состоянии. В случае, если обнаружено попадание, то значение пина GPIO, подключенного к станку, выставляется в ноль, и станок немедленно прекращает свою работу. Блок-схема описанного алгоритма представлена на рисунке 2.

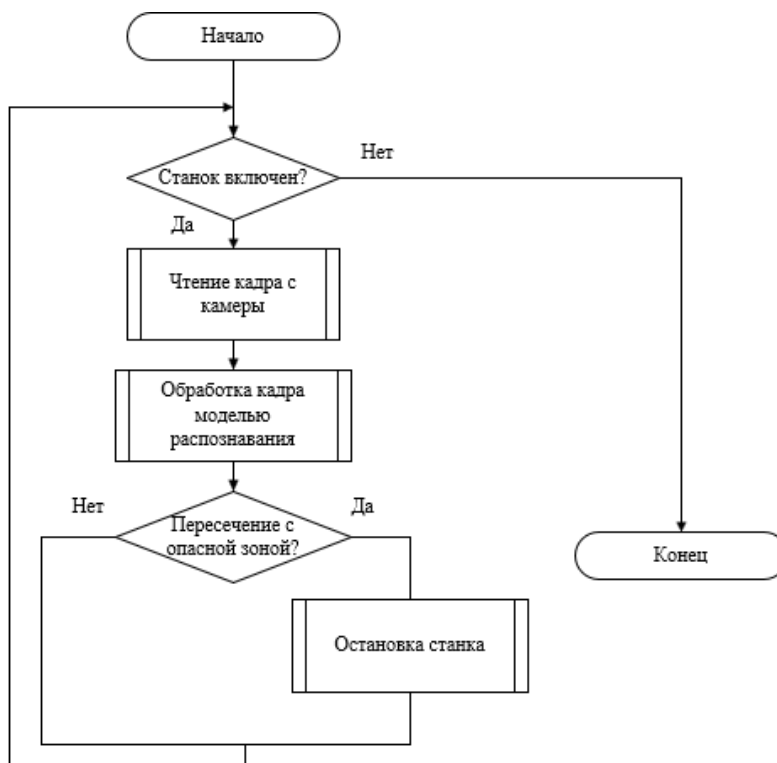


Рисунок 2 - Блок-схема алгоритма

Алгоритм разработан с использованием языка программирования Python. Для работы с интерфейсом GPIO использована библиотека RPi.GPIO [4]. За чтение кадров с камеры отвечает библиотека OpenCV [5]. Модель распознавания инкапсулирована в классе HandsDetector, который предоставляет такие методы как, получение ограничивающей рамки рук и проверку на пересечение с опасной зоной.

В листинге 1 представлена реализация алгоритма.

#### Листинг 1 – Реализация алгоритма распознавания опасной ситуации

```
import RPi.GPIO as GPIO
import cv2
from modules.hand_recognition import HandsDetector

# Подключаемся к камере
cap = cv2.VideoCapture(settings.camera_path)

# Инициализируем модель распознавания
hands_detector = HandsDetector()

# До тех пор, пока станок запущен
while GPIO.input(GPIO_WORKBENCH) == 1:
    _, image = cap.read()
    # Получаем координаты рук
    hands = hands_detector.detect(image)
    # Если руки есть в кадре
    if hands:
        # Для каждой руки получаем координаты ограничивающей рамки
        for bbox in hands_detector.get_bbox(image, hands):
            # Проверяем пересекают ли руки опасную зону
            if hands_tracker.is_intersect(bbox):
                # Если да, то отключаем станок
                # Устанавливаем пин на 0 - GPIO.LOW
                GPIO.setup(GPIO_WORKBENCH, GPIO.OUT)
                GPIO.output(GPIO_WORKBENCH, GPIO.LOW)

# Освобождаем ресурсы
cap.release()
hands_detector.release()
```

Таким образом, разработан алгоритм распознавания опасных ситуаций при работе за станком. В программной реализации использован фреймворк MediaPipe, предоставляющий модель распознавания рук на видео. Результаты данной работы

могут быть внедрены в фрезерно-сверлильные станки для повышения безопасности на производстве.

### **Библиографический список**

1. Инструкция по эксплуатации фрезерно-сверлильного станка JET JMD 15 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://jet-online.ru/media/pdf\\_descriptions/JMD-15.pdf](https://jet-online.ru/media/pdf_descriptions/JMD-15.pdf) (дата посещения 27.01.2024).
2. Гид по MediaPipe [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developers.google.com/mediapipe/solutions/guide> (дата посещения: 01.02.2024).
3. Гид по MediaPipe [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developers.google.com/mediapipe/solutions/guide> (дата посещения: 01.02.2024).
4. OpenCV: OpenCV-Python Tutorials [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://docs.opencv.org/4.x/d6/d00/tutorial\\_py\\_root.html](https://docs.opencv.org/4.x/d6/d00/tutorial_py_root.html) (дата обращения: 02.02.2024).
5. RPi.GPIO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sourceforge.net/projects/raspberry-gpio-python/> (дата обращения: 15.02.2024).

### **Сведения об авторах**

**Курушин Даниил Сергеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, город Пермь, e-mail: dan973@ya.ru

**Пономарев Егор Витальевич** – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, группы РИС-20-26, город Пермь, e-mail: egor.ponomaryov2002@gmail.com

**Шепелев Вадим Михайлович** – студент Пермского национального  
исследовательского политехнического университета, группы РИС-20-26, город  
Пермь, e-mail: