

УДК 004

РОБОТ-ПОМОЩНИК МАШИНИСТА-ОБХОДЧИКА НА ТЭЦРудяков Кирилл Константинович¹, учащийся группы ИЭ-101Научный руководитель: Паскарь Иван Николаевич², ст.преподаватель¹Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, Центр талантов «Кемерово» («УникУм»), г. Кемерово²Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Цифровизация становится ключевым драйвером развития мировой экономики, трансформируя традиционные отрасли и повышая эффективность производств. Особенно важны эти изменения в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК), который обеспечивает энергобезопасность страны и является основой промышленности, ЖКХ и транспорта. Внедрение современных технологий на предприятиях ТЭК позволяет снижать затраты, минимизировать риски аварий и повышать надежность энергоснабжения. Однако, несмотря на общий курс на цифровизацию, многие процессы на тепловых электростанциях (ТЭЦ) по-прежнему требуют значительных ручных трудозатрат.

Например, работа машиниста-обходчика остается крайне напряженной: ежедневно он совершает 4–6 обходов (до 12,5 км пешком); контролирует до 40 единиц оборудования; вручную фиксирует показания и заполняет документацию [3].

Из-за большого объема рутинных операций повышается утомляемость, растет риск ошибок и снижается оперативность реагирования на аварии. Автоматизация ежедневных осмотров могла бы разгрузить персонал, сократив время на рутинные задачи и повысив общую безопасность работы ТЭЦ.

Цель работы: разработать и создать программно-аппаратный комплекс, который позволит автоматизировать ежедневный осмотр оборудования на ТЭЦ.

Задачи: Оценка технической возможности разработки специального робота, способного выполнять функции машиниста-обходчика; Определение требований к роботу и его программному обеспечению; Создание прототипа и его тестирование в промышленных условиях.

На текущий момент рынок роботизированных систем для автоматизированного обхода и диагностики оборудования в тепловой энергетике находится на стадии формирования. В то время как в других отраслях ТЭК уже активно внедряются специализированные робототехнические решения, для тепловых электростанций подобные разработки пока единичны.

Ярким примером является роботизированная собака, проходящая тестирование на Южной ТЭЦ. Данное решение способно выполнять задачи по

обходу территории и сканированию радиометок, однако пока остается на стадии прототипирования и требует доработки для полноценного промышленного применения.

В других сегментах топливно-энергетического комплекса уже успешно эксплуатируются следующие робототехнические системы мониторинга:

1. «Гумич Специалист-Обходчик» [9] – автономный робот для инспекции трубопроводов. Оснащенный датчиками обнаружения дефектов и утечек, он перемещается по трубам с помощью гусеничного/колесного привода, передавая оператору данные для анализа.

2. «Робот-диагност Т Плюс» [10] – специализированное решение для внутреннего обследования трубопроводов (в 2024 году продиагностировано 8 км коммуникаций). Выявляет коррозию, дефекты и повреждения, что позволяет оптимизировать ремонтные работы.

3. «Робот-обходчик ВИЗ-Сталь» [11] – уникальная платформа с системой визуализации звука (SVS) для предиктивной диагностики механического оборудования. Анализируя акустические аномалии, робот своевременно обнаруживает износ подшипников и других узлов в цехах холодной прокатки.

Данные примеры демонстрируют потенциал роботизации процессов мониторинга, однако для тепловой энергетики требуется разработка специализированных решений, учитывающих специфику работы ТЭЦ. Внедрение подобных систем позволит существенно повысить безопасность и эффективность эксплуатации энергетического оборудования.

В результате анализа информации о существующих решениях была разработана концепция робота-помощника машиниста обходчика. Основываясь на рельефе на станции, был выбран гусеничный привод для обеспечения высокой проходимости. Робот будет оснащен камерой для визуального контроля, микрофоном для записи звуковых аномалий и пирометром для бесконтактного измерения температуры. Датчики выбраны основываясь на трудовых действиях, согласно приказу «Министерства Труда».

Основная задача робота – автономное перемещение по заданному маршруту, сканирование QR-кодов, расположенных на оборудовании, для запуска соответствующих алгоритмов измерения. После сканирования QR-кода робот выполняет измерения с помощью встроенных приборов, сохраняя результаты на своем носителе памяти для автоматизации процесса обхода и анализа состояния оборудования. После завершения обхода всех точек робот возвращается на зарядную станцию для подзарядки. Вся информация о проведенных измерениях, включая фотографии и аудиозаписи, передается после возвращения робота на зарядную станцию, обеспечивая автоматизацию процесса сбора и систематизации данных (рис. 1).



Рисунок 1. Пример алгоритма работы.

Для тестирования разрабатываемых технологий был создан прототип робота со следующим набором компонентов:

- Raspberry Pi 5: центральный вычислительный блок.
- Веб-камера/микрофон с USB-подключением: для сканирования QR-кодов и фотосъемки.
- Датчик температуры и влажности DHT11: для мониторинга климатических условий.
- Драйвер двигателей L298N: для управления двигателями.
- 2 двигателя постоянного тока TETRIX 39083: для управления ездой.

В ходе проекта была разработана принципиальная электрическая схема (рис. 2.), включающая в себя все необходимые компоненты для функционирования робота. Схема предусматривает использование GPIO-портов Raspberry Pi для управления двигателями и взаимодействия с различными датчиками. Для эффективного использования ресурсов Raspberry Pi была разработана подробная распиновка, учитывающая назначение каждого пина и минимизирующая конфликты.

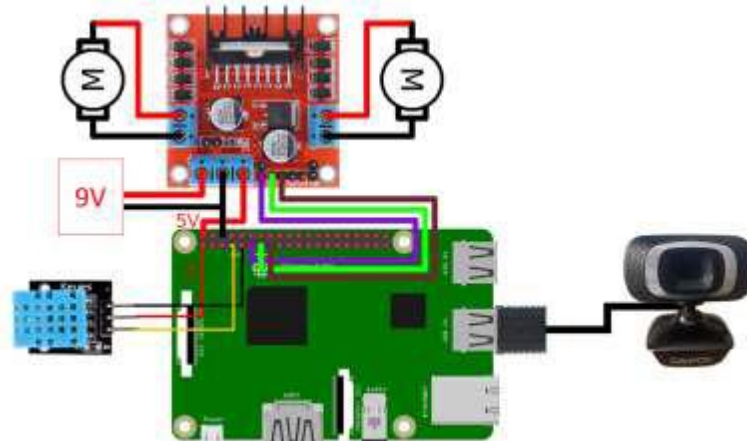


Рисунок 2. Схема подключения.

В рамках проекта по разработке робота для работы в условиях ТЭЦ был проведен анализ необходимых компонентов и характеристик здания. На основе этого анализа был разработан прототип мобильной платформы (рис. 3). Конструкция платформы включает в себя два ведущих и два ведомых колеса, что обеспечивает необходимую маневренность и проходимость. Для создания платформы использовалась технология 3D-печати, позволяющая быстро изготавливать прототипы и модифицировать конструкцию. Колеса и гусеницы были взяты из конструкторского набора TETRIX, обеспечивая надежность и достаточную прочность для эксплуатации в условиях ТЭЦ. Размеры платформы составили 22,5 см x 29 см x 5 см. На платформе присутствуют отверстия для вставки электродвигателей и ведомых валов.

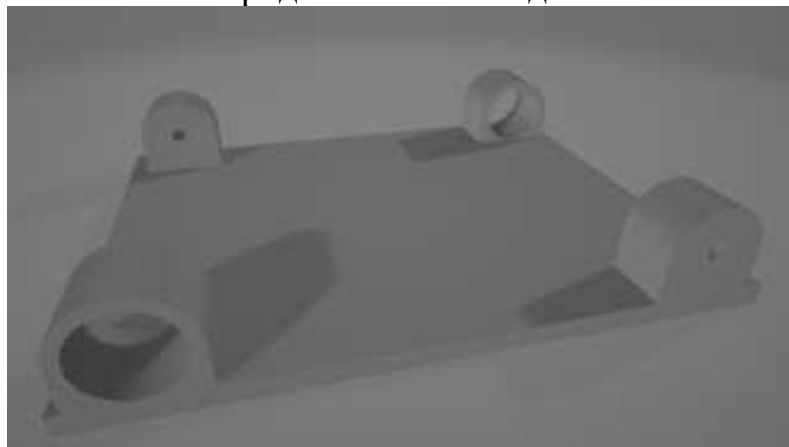


Рисунок 3. Платформа для робота.

Программный код написан на языке Python в среде разработки Thonny IDE. Для обнаружения QR кодов используется библиотека OpenCV, а для получения информации с датчика температуры – библиотека Adafruit_DHT. Изначально в коде происходит импорт необходимых библиотек.

Затем происходит инициализация цифровых пинов и настройка датчика температуры.

В программе также присутствуют отдельные функции для езды робота. Это позволяет сделать дальнейший алгоритм более читабельным и удобным.

Алгоритм настроен таким образом, чтобы робот ехал прямо до тех пор, пока не встретит какой-либо QR код, если камера засекла код, то робот выполняет определенные действия (рис. 4).

```

112 last_decoded_data = None
113 try:
114     move_forward()
115     while True:
116         ret, frame = video_capture.read()
117         if not ret:
118             print("Ошибка: Не удалось считать кадр.")
119             break
120
121         gray_frame = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
122         decoded_data = decode_qr_code(gray_frame)
123
124         if decoded_data is not None and decoded_data != last_decoded_data:
125             last_decoded_data = decoded_data
126             stop_motors()
127             try:
128                 dir_num = int(decoded_data)
129                 if 1 <= dir_num <= 3:
130                     now = datetime.datetime.now()
131                     timestamp = now.strftime("%Y_%m_%d_%H_%M")
132                     subdir = os.path.join(base_dir, str(dir_num))
133                     filename = os.path.join(subdir, f"photo_{timestamp}.jpg")
134                     cv2.imwrite(filename, frame)
135
136                     if dir_num == 1:
137                         print(f"QR-код 1 обнаружен. Выполните действие для 1.")
138                         # Добавьте здесь действия для QR-кода
139
140                     stop_motors()
141                     string = 'Data: '+str(timestamp)
142                     string+=';Temp:'+str(temp[0])
143                     with open("all_data/1/data.txt","a") as f:
144                         f.write(string)
145                     time.sleep(1)

```

Рисунок 4. Обнаружение QR кода.

Помимо того, на каждой остановке робот делает фотографию, называя её текущей датой и временем. Таким образом данные об обходе систематизировано хранятся в единой папке «all_data», где делятся на объекты 1, 2 и 3.

Помимо изображений в папках хранится информация об измерения температуры и звука в специальном файле «data.txt» (рис. 5).

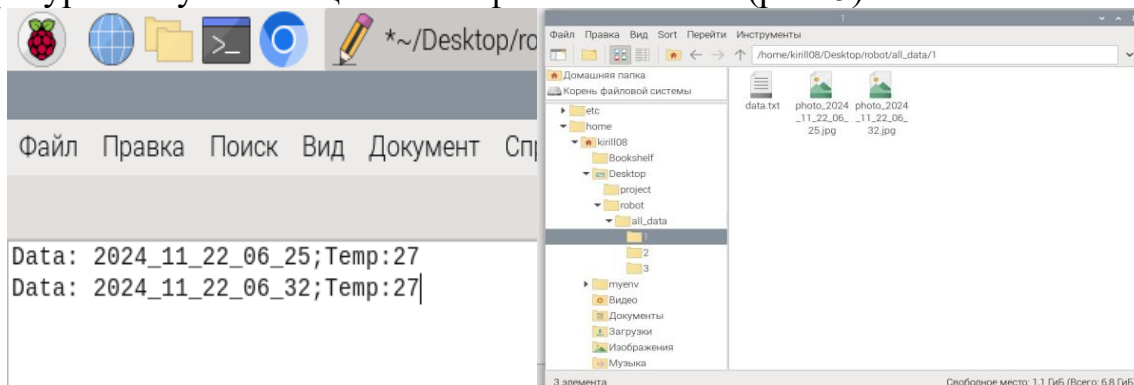


Рисунок 5. Хранение данных.

В рамках проекта был разработан робот-обходчик, предназначенный для автоматизированного мониторинга различных параметров на теплоэлектростанции. Это новая сфера применения, где робот с максимально оптимально подобранной конструкцией адаптирован для условий электростанции.

Реализованные функции включают:

- Автономное передвижение робота по заданному маршруту.
- Сканирование QR-кодов для идентификации объектов и мест.
- Фотографирование объектов и окружающей среды.
- Сбор данных с датчика температуры воздуха и микрофона.

В будущем планируется интеграция алгоритмов машинного обучения (нейронных сетей) для анализа собранных данных, позволяющая выявлять аномалии, прогнозировать потенциальные проблемы и автоматизировать создание отчетов. Кроме того, запланировано улучшение аппаратной части путем замены датчика температуры на более точный инфракрасный датчик, что позволит измерять температуру объектов на расстоянии без физического контакта. Также планируется проведение пилотного проекта на реальном объекте для оценки эффективности робота в условиях эксплуатации и сбора обратной связи для дальнейшего совершенствования.

Таблица 1

Конкурентный анализ

Характеристика	Робот-помощник	Гумич Специалист-Обходчик	Робот-диагност Т Плюс	Робот-обходчик ВИЗ-Сталь
Сфера применения	ТЭС и ТЭЦ	Внешняя инспекция трубопроводов	Внутренняя инспекция трубопроводов	Механические узлы в цехе холодной прокатки
Тип перемещения	Гусеничный привод	Гусеничный привод	Гусеничный привод	Колёсная платформа
Метод диагностики	Камера, датчик температуры, микрофон	Датчики для обнаружения дефектов, утечек	Датчики для выявления дефектов, коррозии	Микрофоны и камера, анализ звуковых аномалий
Обработка данных	Выгрузка на сервер	Передача данных оператору для анализа	Передача данных оператору для анализа	Сравнение с эталонными звуковыми данными, прогнозирование поломок



Рисунок 11. Итоговый прототип.

Основное преимущество разработки «Робот-помощник» заключается в его способности выгружать данные на сервер. Это позволяет автоматизировать процесс сбора и хранения информации, что упрощает анализ и мониторинг состояния оборудования. В отличие от других роботов, которые передают данные оператору для анализа, «Робот-помощник»

обеспечивает более централизованное и, возможно, более оперативное управление данными.

Разработка робота-обходчика потребовала комплексного подхода, включающего мехатронику, электронику, программирование, обработку изображений и машинное обучение. Проект показал перспективность использования робототехники для автоматизации рутинных задач мониторинга и контроля, что позволяет повысить эффективность работы и снизить риски, связанные с человеческим фактором. В результате работы создан функциональный прототип, готовый к дальнейшему развитию и интеграции в различные отрасли.

Список литературы:

1. «Что такое индустрия 4.0 и что нужно о ней знать» – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5e740c5b9a79470c22dd13e7> (дата обращения 10.10.2024) – Текст: электронный
2. «Цифровая экономика РФ» - URL: https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/?utm_referrer=https%3a%2f%2fyan-dex.ru%2f (дата обращения 14.10.2024) – Текст: электронный.
3. «Обязанности машиниста-обходчика на ТЭЦ» - URL: <https://sibgenco.online/news/element/go-to-walkers-for-chp/> (дата обращения 02.11.2024) - Текст: электронный.
4. «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» - URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358> (дата обращения 02.11.2024) - Текст: электронный.
5. «Робототехника: рыночные данные и анализ» - URL: <https://www.statista.com/study/116601/robotics-market-data-analysis-and-forecasts/> (дата обращения 02.11.2024) - Текст: электронный.
6. «Отчет о трендах в робототехнике» - URL: <https://www.trendhunter.com/pro/category/robots> (дата обращения 02.11.2024) - Текст: электронный.
7. “Планы по роботизации ТЭК” - URL: <https://www.elec.ru/news/2024/10/04/k-2030-godu-kompanii-tek-planiruyut-vnedrit-poryad.html> (дата обращения 05.11.2024) - Текст: электронный.
8. «Цифровая трансформация ТЭК» - URL: <https://rg.ru/amp/2023/12/22/stavka-na-intellekt.html> (дата обращения 05.11.2024) - Текст: электронный.
9. «Робот-обходчик в энергетике» - URL: <https://gumich-rtk.ru/resheniya/gumich-specialist-obhodchik> (дата обращения: 05.11.2024) - Текст: электронный.
10. «Робот-диагност в теплосетях» - URL: <https://www.tplusgroup.ru/press/news/single/v-2024-godu-robot-diagnost-t-pljus-obsledoval-okolo-8-km> (дата обращения: 05.11.2024) - Текст: электронный.
11. «Роботы в промышленности: помощь человеку» - URL:

<https://career.nlmk.com/media/stati/robot-drug-cheloveka-kak-novye-tehnologii-pomogayut-promyshlennosti/?ysclid=m8nqrqzin281961375> (дата обращения: 05.11.2024) - Текст: электронный.