

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ТРЕКИНГА ПОДЪЕМНО-ПОГРУЗОЧНОЙ ТЕХНИКИ, СТЕЛЛАЖЕЙ И ПЕРСОНАЛА СКЛАДСКИХ КОМПЛЕКСОВ

© 2025 Е. С. Пискайкин¹, А. А. Макаров²

^{1,2} Самарский университет государственного управления
«Международный институт рынка», г. Самара, Россия

Статья посвящена разработке программно-аппаратных комплексов, предназначенных для трекинга подъемно-погрузочной техники, стеллажей и персонала в складских комплексах. Внимание сосредоточено на ключевых компонентах системы, включая аппаратное и программное обеспечение, а также алгоритмы обработки данных. Обсуждаются вопросы автоматизации мониторинга, повышения безопасности и эффективности управления логистическими процессами.

Ключевые слова: трекинг, подъемно-погрузочная техника, стеллажи, персонал, автоматизация, безопасность, логистика, мониторинг, данные, архитектура.

Погрузочно-разгрузочная техника, используемая в складских комплексах, играет важную роль в логистических процессах. Эффективность работы этой техники напрямую влияет на производительность и безопасность, что требует внимания к деталям в анализе ее функционирования и управлении [3]. Одной из основных проблем является недостаток качественной информации о местоположении и состоянии техники, что затрудняет принятие обоснованных управленческих решений [10].

Современные складские комплексы требуют внедрения высокотехнологичных решений для оптимизации процессов управления [1]. Контроль местоположения и численности задействованного персонала позволяет принимать обоснованные управленческие решения и повышать общую эффективность работы [2]. В условиях растущей конкуренции и необходимости сокращения затрат использование автоматизированных систем становится необходимым для повышения производительности и безопасности.

Под научным руководством авторов данной статьи разработана архитектура системы BRB SMART CLOUD, которая является комплексным решением, включающим как аппаратные, так и программные компоненты, функционирующие в тесной интеграции для обеспечения эффективного мониторинга и управления.

В основу системы BRB SMART CLOUD заложена концепция трекинга, позволяющая отслеживать местоположение подъемно-погрузочной техники, стеллажей и сотрудников в реальном времени. Аппаратные компоненты системы включают Wi-Fi маяки, GPS-датчики, носимые трекеры и сенсоры ударов и наклона.

Wi-Fi маяки, устанавливаемые на подъемно-погрузочной технике, служат для определения их местоположения в пределах склада. Использование микроконтроллера ESP32 обеспечивает высокую точность определения местоположения и минимальное энергопотребление, что критично для работы в условиях постоянного движения. Эти устройства передают данные о местоположении через Wi-Fi, что позволяет интегрировать их в существующую инфраструктуру склада без значительных капитальных вложений.

GPS-датчики устанавливаются на стеллажах и подъемно-погрузочной технике для обеспечения глобального позиционирования. Эти датчики позволяют отслеживать перемещение объектов как внутри, так и за пределами склада, что значительно расширяет функциональные возможности системы. Данные от GPS-датчиков передаются на сервер через Wi-Fi, что позволяет оперативно отслеживать местоположение и состояние техники, как показано на рисунке 1.



Рисунок 1 – Интерфейс системы трекинга эксплуатации техники

Носимые трекеры, выдаваемые сотрудникам, фиксируют их местоположение и взаимодействия с другими трекерами. Использование технологий Bluetooth Low Energy (BLE) обеспечивает длительное время работы от батареи, что критично для сотрудников, работающих в динамичной среде. Эти устройства не только отслеживают перемещение персонала, но и фиксируют контакты между сотрудниками, что может быть полезно для анализа взаимодействия и повышения безопасности [4].

Сенсоры ударов и наклона, такие как MPU-6050, фиксируют отклонения от вертикали и удары, что позволяет предотвращать повреждения оборудования и обеспечивать безопасность на складе [3]. Эти устройства могут быть установлены на стеллажах и технике, обеспечивая постоянный мониторинг состояния оборудования. Данные от сенсоров позволяют быстро реагировать на инциденты и предотвращать потенциальные аварийные ситуации, как показано на рисунке 2.

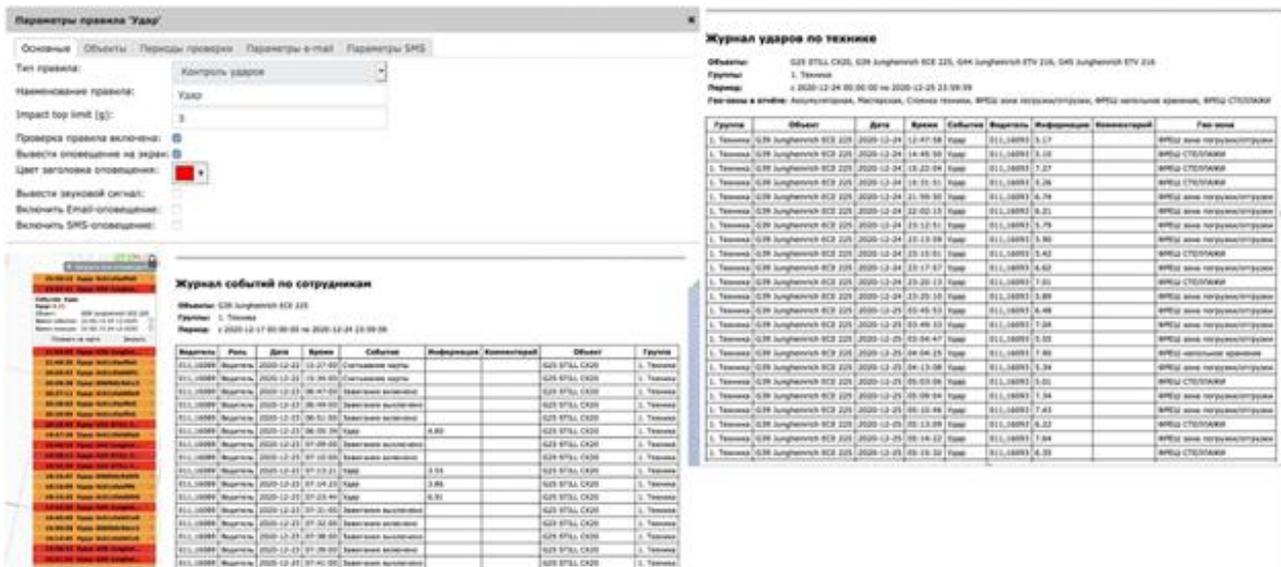


Рисунок 2 – Интерфейс системы отслеживания критических состояний

Программные компоненты системы BRB SMART CLOUD включают серверную и клиентскую части.

Серверная часть реализована на Python с использованием фреймворка Django [7], который обеспечивает создание RESTful API для взаимодействия с клиентскими приложениями. Базы данных PostgreSQL [6] и MongoDB используются для хранения структурированных и неструктурированных данных соответственно. PostgreSQL обеспечивает надежное хранение информации о технике, персонале и инцидентах, в то время как MongoDB используется для хранения журналов событий и временных метрик, что позволяет гибко управлять данными и обеспечивать их доступность.

Клиентская часть системы BRB SMART CLOUD включает веб-приложение и мобильное приложение. Веб-приложение, разработанное с использованием Angular, предоставляет пользователям интерфейс для мониторинга и анализа данных в реальном времени. Оно отображает дашборды с визуализацией информации о местоположении техники, численности персонала и состоянии оборудования, как показано на рисунке 3. Мобильное приложение на React Native позволяет операторам и менеджерам получать доступ к информации в любое время и из любого места, что значительно повышает оперативность принятия решений.

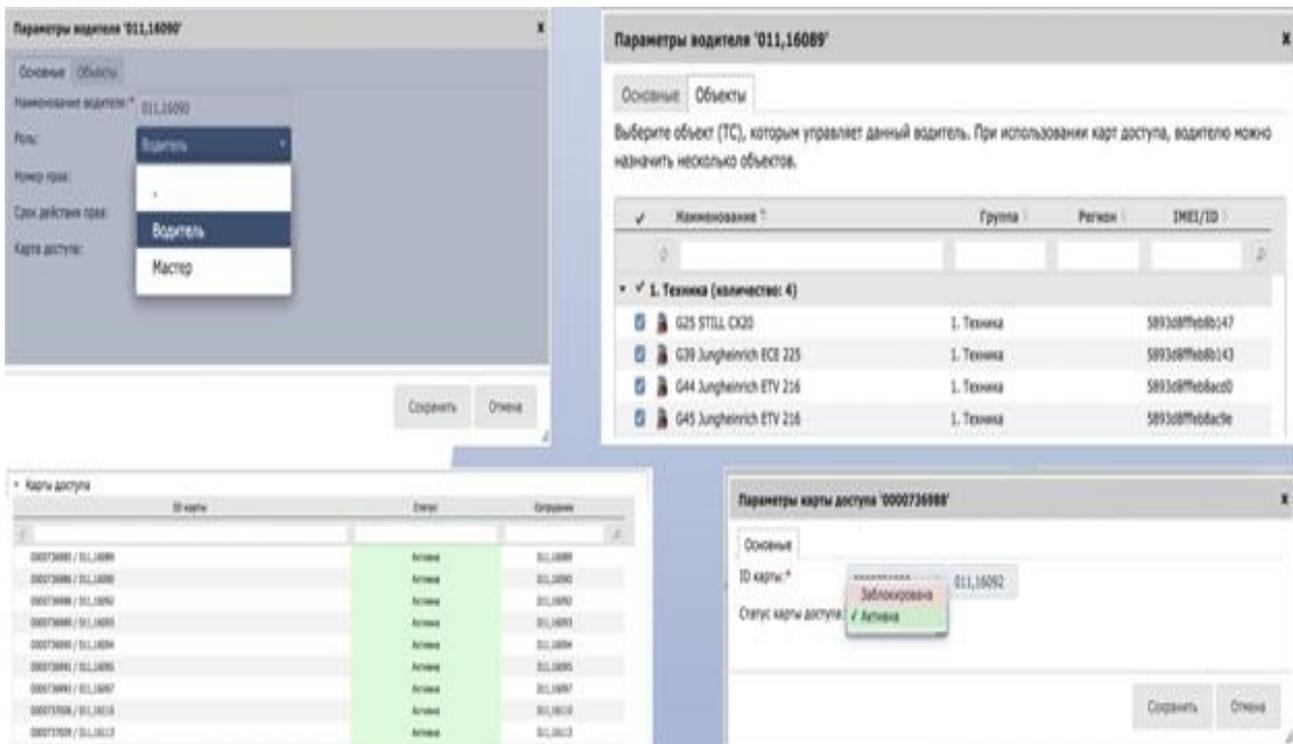


Рисунок 3 – Интерфейс для мониторинга и анализа данных в реальном времени

Искусственный интеллект является важной частью системы BRB SMART CLOUD, так как он используется для анализа поведения водителей и оптимизации численности персонала [5]. Модели машинного обучения разрабатываются на основе исторических данных о вождении,

что позволяет выявлять паттерны агрессивного вождения и предсказывать потенциальные инциденты [10], как показано на рисунке 4. Это, в свою очередь, позволяет принимать меры по повышению безопасности на складе и снижению рисков.

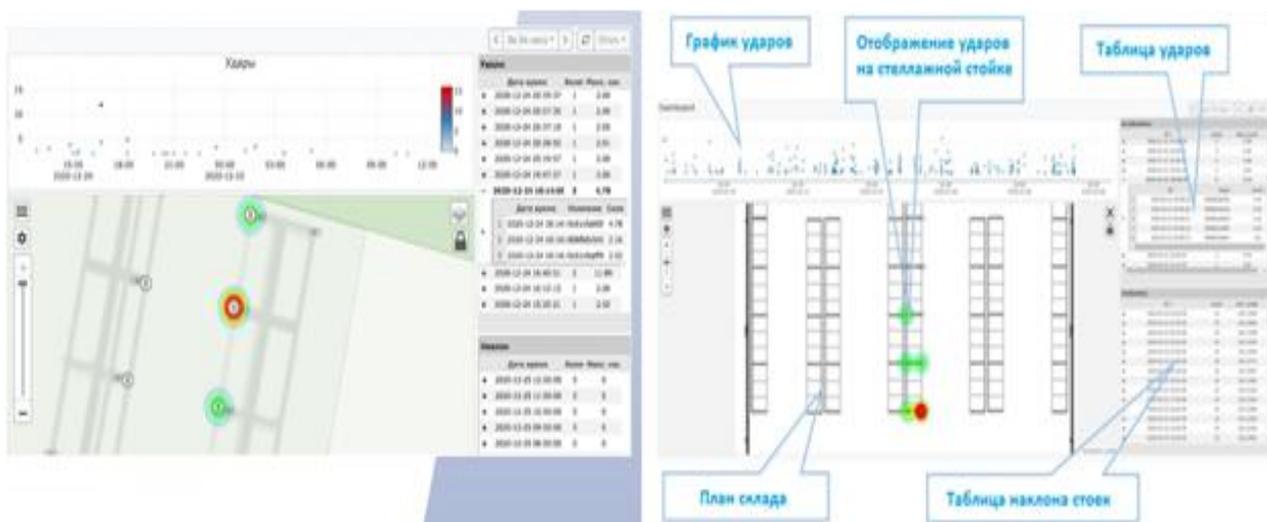


Рисунок 4 – Интерфейс системы выявления паттернов агрессивного вождения

Для обработки больших данных в системе BRB SMART CLOUD используются Apache Kafka [9] и Apache Spark [8]. Kafka обеспечивает передачу данных от устройств к серверу с высокой пропускной способностью и надежностью, что критично для систем реального времени. Spark, в свою очередь, позволяет выполнять сложные вычисления и анализировать данные в

реальном времени, что необходимо для быстрого реагирования на изменения в системе. Эти инструменты позволяют обрабатывать большие объемы информации и обеспечивать высокую доступность данных для анализа. Например, готовый к обработке отчет о взаимодействии персонала складского комплекса, выгруженный из базы данных, представлен на рисунке 5.

Контакты персонала

Объекты (сотрудники): 6082192, 8062028, 8062029, 8062031, 006384823927787

Группы: СТ40

Период: с 2020-07-21 00:00:00 по 2020-07-21 23:59:59

Наименование объекта	Наименование контакта	Начало	Конец	Длительность
8062028	8061979	2020-07-21 00:47:26	2020-07-21 00:48:21	00:00:55
8062028	8061979	2020-07-21 01:16:31	2020-07-21 01:18:27	00:01:56
8062028	8061979	2020-07-21 01:54:06	2020-07-21 01:55:39	00:01:33
8062028	8061979	2020-07-21 02:35:14	2020-07-21 02:35:53	00:00:39
8062028	8061979	2020-07-21 03:14:57	2020-07-21 03:18:01	00:03:04
8062028	8061979	2020-07-21 03:46:18	2020-07-21 03:48:36	00:02:18
8062028	8061979	2020-07-21 03:56:53	2020-07-21 03:57:53	00:01:00
8062028	8061979	2020-07-21 05:04:42	2020-07-21 05:06:48	00:02:06
8062028	8061979	2020-07-21 06:35:16	2020-07-21 06:37:56	00:02:40
8062028	8061979	2020-07-21 06:54:55	2020-07-21 06:56:57	00:02:02

Рисунок 5 – Отчет о взаимодействии персонала складского комплекса

Таким образом, разработка и внедрение программно-аппаратного комплекса BRB SMART CLOUD для трекинга подъемно-погрузочной техники, стеллажей и персонала в складских комплексах представляет

собой значительный шаг в сторону автоматизации и повышения эффективности логистических процессов [2]. Интеграция современных технологий в систему позволяет не только контролировать текущие процес-

сы, но и предсказывать будущие потребности, что делает управление более гибким и адаптивным [5]. Внедрение данной системы способствует повышению безопасности,

снижению затрат и улучшению качества обслуживания клиентов, что в конечном итоге ведет к повышению конкурентоспособности компании [10].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Носов Н. А. Современные технологии автоматизации складских процессов. М.: Наука, 2020.
2. Кузнецов И. В. Логистика: от теории к практике. М.: Экономика, 2019.
3. ГОСТ Р 55525-2017. Системы управления складом. Общие требования. URL: <https://ntcexpert.ru/documents/gost-r-55525-2017.pdf?ysclid=m9wq3upvpd876434960>.
4. Сидоров А. П. Информационные технологии в логистике. М.: Инфра-М, 2021.
5. Петров В. С. Анализ и оптимизация логистических систем. М.: Дело, 2022.
6. PostgreSQL: Самая развитая в мире система управления реляционными базами данных с открытым кодом // Документация PostgreSQL. URL: <https://www.postgresql.org/docs/>.
7. Высокоуровневый Python веб-фреймворк // Документация Django. URL: <https://www.djangoproject.com/>.
8. Apache Spark: Обработка больших данных // Документация Apache Spark. URL: <https://spark.apache.org/>.
9. Apache Kafka: Платформа потоковой передачи данных // Документация Apache Kafka. URL: <https://kafka.apache.org/>.
10. Пискайкин Е. С. Разработка и внедрение программного обеспечения для мониторинга подъемно-погрузочной техники и состояния аккумуляторов в реальном времени // Вестник Международного института рынка. 2024. № 2. С. 153-158.

DEVELOPMENT OF HARDWARE-SOFTWARE COMPLEXES FOR TRACKING LIFTING AND LOADING EQUIPMENT, SHELVING, AND PERSONNEL IN WAREHOUSE COMPLEXES

© 2025 Egor S. Piskaykin¹, Alexey A. Makarov²

^{1,2} Samara University of Public Administration
“International Market Institute”, Samara, Russia

This article focuses on the development of hardware-software complexes designed for tracking lifting and loading equipment, shelving, and personnel in warehouse complexes. Emphasis is placed on the key components of the system, including hardware, software, and data processing algorithms. The study discusses automation of monitoring, enhancement of safety, and optimization of logistics management efficiency.

Keywords: tracking, lifting and loading equipment, shelving, personnel, automation, safety, logistics, monitoring, data, architecture.