

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОДЪЕМНО-ПОГРУЗОЧНОЙ ТЕХНИКИ И СОСТОЯНИЯ АККУМУЛЯТОРОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

© 2024 Е. С. Пискайкин

Самарский университет государственного управления
«Международный институт рынка», г. Самара, Россия

Статья посвящена проблемам, связанным с анализом работы погрузочно-разгрузочной техники. Внимание сфокусировано на сборе и анализе статистики энергопотребления, а также отсутствии эффективных систем предупреждения о неправильной эксплуатации литиевых батарей. Обсуждаются причины, следствия и возможные решения для улучшения эксплуатации данной техники.

Ключевые слова: производство, техника, мониторинг, сбор данных, архитектура, разработка, базы данных, датчики, интерфейс, сбор данных, аналитика, оповещение, эффективность.

Погрузочно-разгрузочная техника является ключевым элементом в логистических процессах на складах и производственных предприятиях. Эффективность работы этой техники напрямую влияет на производительность и безопасность, что требует внимания к деталям в анализе ее работы и управлении энергопотреблением.

Одной из основных проблем анализа работы погрузочно-разгрузочной техники является недостаток качественной статистики по энергопотреблению. Многие предприятия не имеют систематизированных данных о потреблении энергии каждой единицей техники. Это затрудняет возможность:

- оценки эффективности использования техники;
- сравнительного анализа технологий эксплуатации Li-Ion батарей;
- прогнозирования потребности в Li-Ion батареях для производства работ.

По данным энергетических балансов Росстата, наиболее энергоемким является промышленное производство, потребляющее 54% общего объема энергетических ресурсов. Существуют механизмы, которые позволяют снизить энергопотребление российских производств и, соответственно, сделать промышленную продукцию более конкурентоспособной [1].

Сбор данных о потреблении электроэнергии зачастую сопряжен со следующими трудностями.

1. Отсутствие автоматизации. Многие системы управления не интегрированы с

системами учета энергопотребления, что затрудняет получение и обработку данных.

2. Низкое качество данных. Собранные вручную данные часто подвергаются ошибкам и искажениям, что влияет на результаты анализа.

Для решения этих проблем необходимо внедрение современных информационных систем, способствующих автоматизации сбора данных и их интеграции с системами управления.

Литиевые батареи, используемые в погрузочно-разгрузочной технике, требуют особого внимания к эксплуатации. Отсутствие систем предупреждения о неправильной эксплуатации может привести к серьезным последствиям, включая:

- снижение срока службы батарей, что увеличивает затраты на их замену и обслуживание;
- рост риска аварий, поскольку некорректная эксплуатация может привести к перегреву или возгоранию [2].

Под научным руководством автора данной статьи ООО «БРБ Смарт Консалтинг» (резидент Сколково) разработана и внедрена система мониторинга состояния батарей, которая будет предупреждать пользователей о необходимости проведения обслуживания или замены батарей. Созданная система получила название «BRB SMART CLOUD. Промышленная система мониторинга» [3].

Разработка интеллектуальной системы «BRB SMART CLOUD. Промышленная

система мониторинга» проводилась по следующей методологии.

1. Сбор требований.
2. Проектирование системы.
3. Разработка.
4. Тестирование.
5. Внедрение.

Сотрудники ООО «БРБ Смарт Консалтинг» провели интервью и опросы операторов техники, инженеров и управленцев производств и складов для определения ключевых функций, которые должны быть реализованы в системе. В результате они определили функциональные и нефункциональные требования и составили список всех необходимых функций:

1) мониторинг состояния подъемно-погрузочной техники (уровень заряда, температура, текущий статус единицы техники);

2) визуализация данных на различных устройствах (планшетах, компьютерах, смартфонах);

3) реализация системы уведомлений о состоянии оборудования по электронной почте или через чат-бот Telegram;

4) на основании выявленных требований создан документ с описанием требований, который стал основой для дальнейших этапов разработки.

Для разработки системы выбрали архитектурный подход (клиент-серверная архитектура, микросервисы) для обеспечения масштабируемости и гибкости системы в первом проекте внедрения и в будущих проектах внедрения (на базе более крупных предприятий), а также языки программирования: JavaScript (React / Vue.js), Python, C++, C# на основе требований к производительности и удобству разработки. Определили тип баз данных SQL для хранения данных о состоянии техники и аккумуляторов. Спроектировали API для взаимодействия между различными компонентами системы.

Клиентскую часть интеллектуальной системы выполнили для отображения на планшетах, компьютерах и смартфонах. Для визуализации данных решили использовать веб-приложение на JavaScript (React / Vue.js), в котором производится отображение информации о состоянии аккумуля-

торов и оборудования, уровень заряда, температура Li-Ion батареи. В случае достижения системой критического состояния на экран выводится экстренное уведомление о критических состояниях.

В серверной части данной системы применяется GraphQL API для взаимодействия между клиентом и сервером. При помощи языков программирования Python (FastAPI), C# (ASP.NET Core), C++ выполняется аутентификация пользователей (например, JWT для токенов доступа), обработка запросов на получение данных о состоянии оборудования, обработка и сохранение данных, полученных от датчиков и систем мониторинга.

В «BRB SMART CLOUD. Промышленная система мониторинга» применен сервис сбора данных, который отвечает за получение данных с датчиков и их обработку, реализован на C++. Поддержка протоколов для передачи данных выполнена при помощи MQTT для IoT-устройств. Сервис хранения данных применяет PostgreSQL для сохранения информации о состоянии техники и аккумуляторов, реализует CRUD-операции для управления данными. В свою очередь, сервис уведомлений отвечает за отправку уведомлений пользователям по электронной почте или в Telegram-бот, реализует интеграцию с SMTP-сервером для отправки e-mail и Telegram API для уведомлений. Задействован сервис аналитики, который обрабатывает и анализирует данные для построения отчетов, предоставляет информацию о состоянии техники [4].

Для контейнеризации микросервисов для упрощения развертывания и управления зависимостями задействован Docker, а для масштабирования системы применен Kubernetes.

При создании системы мониторинга и логирования использованы инструменты (Prometheus, Grafana) для отслеживания производительности системы. Логирование исполнено через ELK стек (Elasticsearch, Logstash, Kibana) для анализа операций и ошибок.

Таким образом, преимуществами подхода, выбранного при разработке системы, являются масштабируемость, гибкость, устойчивость, поскольку есть возможность

легко добавлять новые микросервисы при расширении функциональности. Каждый микросервис может разрабатываться и изменяться независимо, что облегчает работу разных команд. В случае сбоя одного микросервиса остальные продолжают работать. Данный подход предоставляет устойчивую основу для разработки системы мониторинга, отвечающей требованиям современных предприятий, и обеспечивает высокую степень надежности и производительности.

Необходимо отметить, что в разработке нового программного продукта была применена методика разработки Agile, что позволило организовать работу команды и обеспечить гибкость в процессе разработки программного обеспечения (ПО) ввиду часто меняющихся вводных данных. Разработка ПО была разделена на небольшие итерации (недельные спринты), в рамках которых реализовались конкретные функции. Данная методика позволила отслеживать результаты и предоставлять их заказчикам. В итоге был разработан ранний прототип для визуализации основных функций системы, демонстрационного внедрения и получения обратной связи от пользователей. Далее состоялось модульное тестирование, в ходе которого проведена проверка отдельных модулей системы для подтверждения их функциональности.

Следующим этапом в работе стали интеграционное тестирование, тестирование взаимодействия между модулями (например, между модулями мониторинга аккумуляторов и отслеживания техники). После этого было проведено системное тестирование, в ходе которого было выполнено полное тестирование всей системы для проверки всех функций (уровень заряда и состояния аккумуляторов и мониторинг параметров работы техники). Финальной стадией тестирования стало пользовательское тестирование, которое было проведено с участием конечных пользователей для выявления потенциальных недостатков и улучшения интерфейса.

В рамках «пилотного» проекта, после разработки ПО, его установили пользователям и настроили точное взаимодействие всех элементов системы. Результатом первого «пилотного» внедрения системы ста-

ла разработка четкого плана по поэтапному внедрению системы на предприятии, включая контрольные точки, которые будут применяться в последующих внедрениях системы. Успешное техническое внедрение ПО позволило разработчикам системы организовать бизнес-внедрение программного продукта на предприятии, а именно провести обучение для сотрудников по использованию системы, включая систему мониторинга, регистраторов данных. После обучения был проведен сбор отзывов от пользователей для корректировки и улучшения системы.

Описанная выше методология позволила структурированно подойти к созданию ПО, что способствовало:

- экономии времени разработки программного обеспечения на 44% от ранее запланированного;
- успешному внедрению (с первого раза) в интересах экономии рабочего времени предприятия и повышению рабочей эффективности подъемно-погрузочной техники.

Необходимо отметить важность документирования работ на каждом этапе, так как оно играет ключевую роль для последующей поддержки и обновления системы, а также для обеспечения масштабируемости и гибкости системы в первом проекте внедрения и будущих проектах внедрения на базе более крупных предприятий.

Внедрение интеллектуальной системы «BRB SMART CLOUD. Промышленная система мониторинга» позволит предприятиям достичь следующих результатов.

1. Улучшить безопасность и эффективность работы подъемно-погрузочной техники.

Благодаря внедренной системе у предприятия есть регулярный доступ к данным по эксплуатации погрузочной техники, например, к наработке в моточасах, простою в моточасах, времени заряда в моточасах, что показано на рисунке 1. Кроме этого, разработанная интеллектуальная система позволяет контролировать показатели, представленные на рисунке 2:

- местоположение и численность задействованного персонала в технологических процессах,

• время работы, которое тратится на выполнение непосредственно прямых задач, например на погрузочно-разгрузочные работы.

Регулярный анализ данных, который обеспечивает система, позволяет определить

достаточность персонала на основе статистики и принимать управленческие решения по численности персонала, необходимой для производства работ.

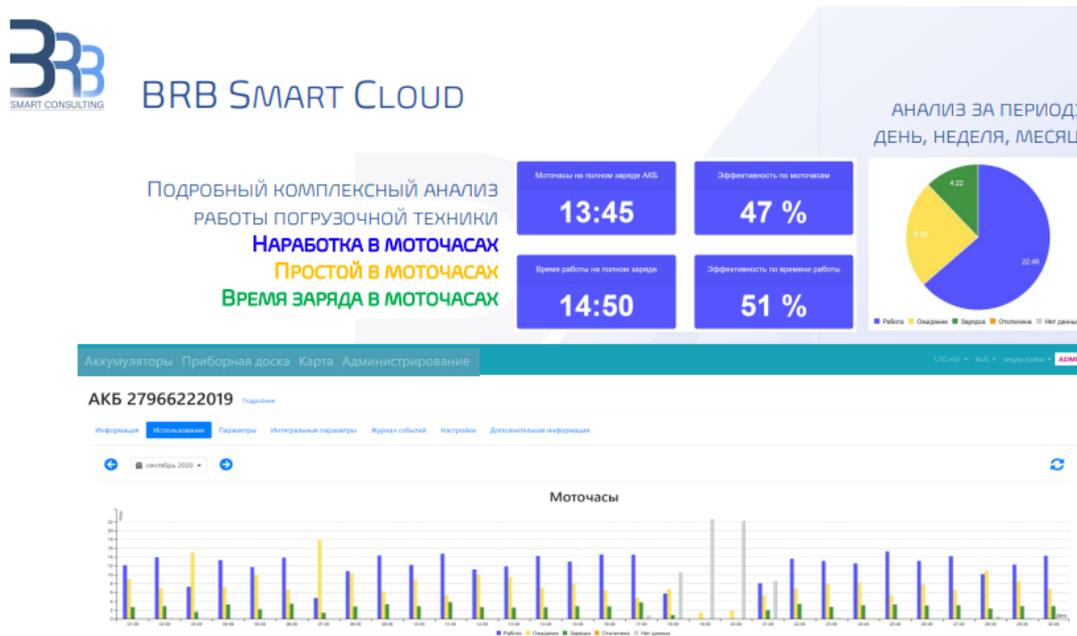


Рисунок 1 – Интерфейс системы мониторинга эксплуатации техники

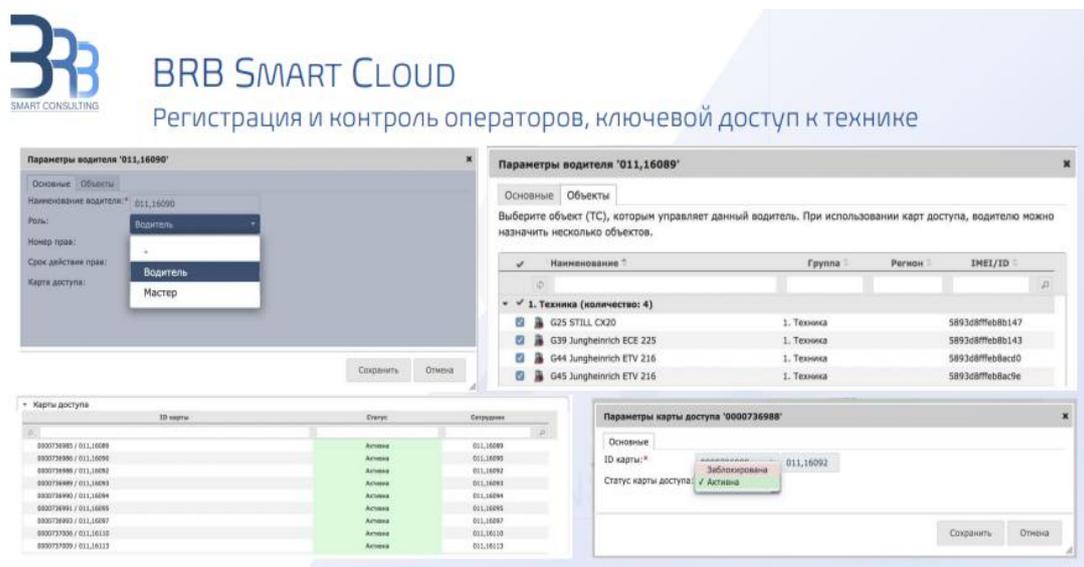


Рисунок 2 – Интерфейс системы регистрации и контроля операторов техники

2. Повысить контроль за состоянием аккумуляторов, что позволяет избежать поломок и увеличить срок их службы.

Система представляет удобный анализатор циклов заряда батарей на основе регулярно обрабатываемых данных о заряде батарей, система предоставляет рекоменда-

ции по эффективной эксплуатации Li-Ion батареи, рекомендуя пользователям производить большое количество коротких зарядов ради наивысшей эффективности эксплуатации Li-Ion батареи, что представлено на рисунке 3.

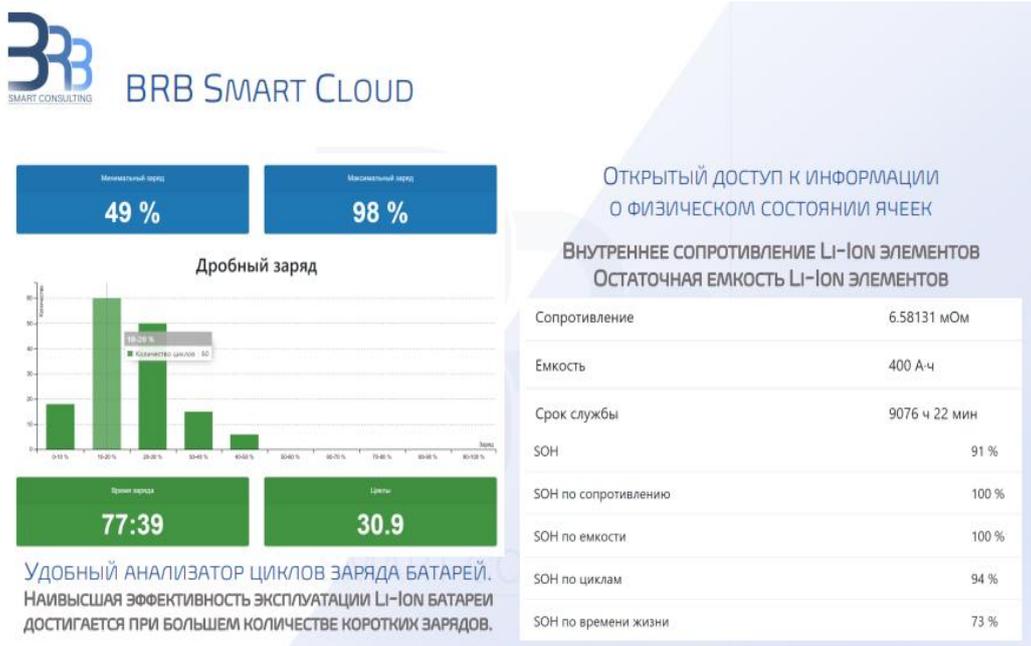


Рисунок 3 – Интерфейс системы мониторинга заряда Li-Ion батарей

3. Поменять подход к управлению складским персоналом и ресурсами на качественном уровне. Система позволяет централизовать показ отслеживаемых показателей, чтобы организовывать производство

работ без аварий, с минимально возможным количеством моточасов простоя, максимально продлевая срок эксплуатации Li-Ion батарей. Диспетчерский интерфейс мониторинга представлен на рисунке 4.

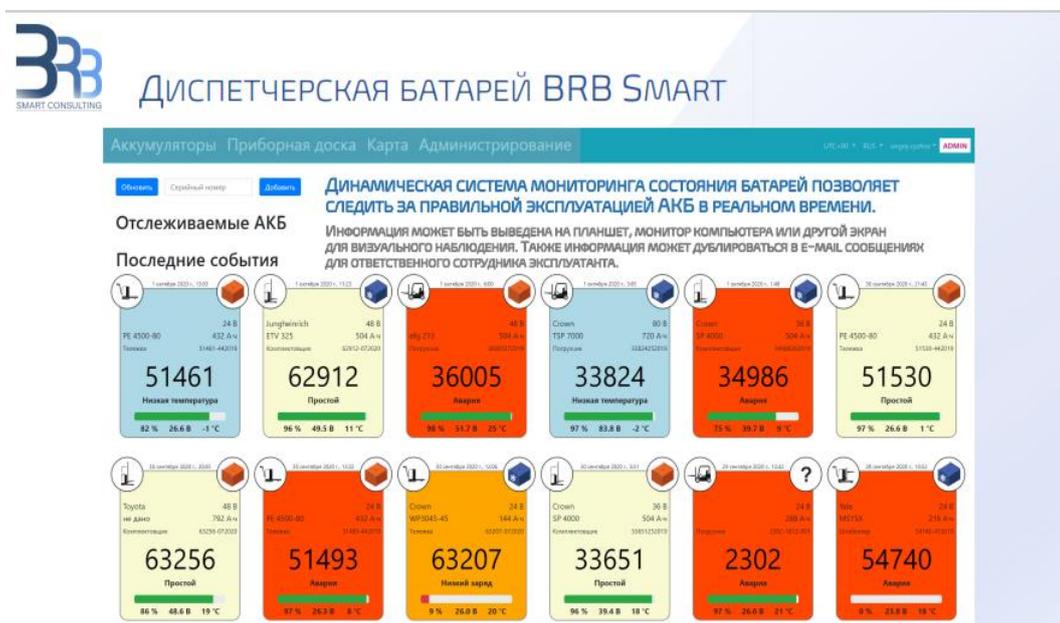


Рисунок 4 – Интерфейс диспетчерской для Li-Ion батарей, подключенных к системе

Извлечь пользу из применения системы «BRB SMART CLOUD. Промышленная система мониторинга» можно, если персонал предприятия обучен работе с интер-

фейсом системы и умеет с ней взаимодействовать.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что созданная система «BRB SMART

CLOUD. Промышленная система мониторинга» поможет крупным предприятиям, не имеющим систематизированных данных о потреблении энергии каждой единицей техники, решать проблемы, связанные с их получением и анализом; а именно, позволит:

- провести оценку эффективности использования техники;
- провести сравнительный анализ технологий эксплуатации Li-Ion батарей;
- спрогнозировать потребности в Li-Ion батареях для производства работ;
- сформировать рекомендации по увеличению эффективности эксплуатации погрузочной техники и Li-Ion батарей, что воспрепятствует работе в таких режимах, которые приведут к перегреву или возгоранию, что снизит затраты на их замену и обслуживание.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Анализ энергозатрат промышленных предприятий в современных условиях. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6157.
2. ISO 26262:2018. «Грузовые автомобили – Функциональная безопасность». Международная организация по стандартизации, 2018.
3. Промышленные системы мониторинга. URL: <https://brbsmart.net/page21929379.html>.
4. Документация PostgreSQL. «PostgreSQL: Самая развитая в мире система управления реляционными базами данных с открытым кодом».

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF SOFTWARE FOR REAL-TIME MONITORING OF LIFTING AND LOADING EQUIPMENT AND BATTERY STATUS

© 2024 Egor S. Piskaykin

Samara University of Public Administration
“International Market Institute”, Samara, Russia

The article addresses the issues related to the analysis of the operation of lifting and loading equipment, focusing on the collection and analysis of energy consumption statistics, as well as the lack of effective warning systems for improper operation of lithium batteries. The author has discussed causes, consequences, and potential solutions for improving the operation of this equipment.

Keywords: production, equipment, monitoring, data collection, architecture, development, databases, sensors, interface, data gathering, analytics, notification, efficiency.