

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДИКТИВНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Рассматривается архитектура информационно-аналитической системы предиктивного обслуживания промышленного оборудования, ориентированной на совместные белорусско-китайские предприятия. Предлагается использование хранилища на базе PostgreSQL и TimescaleDB для эффективного хранения и обработки телеметрических временных рядов с поддержкой потоковой загрузки данных. Для прогнозирования отказов предусматривается применение алгоритмов машинного обучения.

Введение

В условиях расширения мощностей совместных белорусско-китайских производств (напр. СЗАО «БЕЛДЖИ») возрастает потребность в переходе к стратегиям предиктивного обслуживания (Predictive Maintenance – PdM). Для минимизации внеплановых простоев оборудования предлагается архитектура системы, основанная на сборе потоковых данных в специализированном хранилище временных рядов (TimescaleDB) и применении алгоритмов машинного обучения (ML) для прогнозирования отказов.

I. Архитектура системы предиктивного обслуживания

Системы предиктивного обслуживания (PdM) представляют собой развитие подходов к техническому обслуживанию промышленного оборудования: от реактивного и превентивного к проактивному, основанному на непрерывном анализе состояния оборудования [1]. Ключевым преимуществом PdM является возможность прогнозирования отказов до их наступления на основании данных датчиков, что позволяет сократить внеплановые простои и оптимизировать затраты на обслуживание. Типовая архитектура PdM-систем включает уровни сбора данных, их хранения, аналитической обработки и визуализации результатов. Предлагаемая система реализует данную архитектуру в четыре уровня: сбор данных с датчиков, хранение временных рядов в базе данных TimescaleDB, анализ данных с помощью алгоритма машинного обучения Random Forest и визуализация результатов мониторинга в Grafana.

II. Методы реализации системы

Для апробации предложенной архитектуры предлагается использовать открытый набор данных AI4I 2020 Predictive Maintenance [2]. Набор данных моделирует условия, характерные для реального про-

изводственного оборудования, что обеспечивает релевантность результатов для задачи обслуживания автомобильного производства. Данные загружаются в TimescaleDB, где организованы в таблицы показаний датчиков, реестра оборудования и событий обслуживания. Таблица показаний датчиков реализована как гипертаблица (hypertable) TimescaleDB, что обеспечивает автоматическое партиционирование по времени и эффективное выполнение запросов по временным диапазонам. Классификация состояния оборудования выполняется алгоритмом Random Forest, реализованным на Python с использованием библиотеки scikit-learn. Результаты отображаются на интерактивной панели Grafana, подключённой непосредственно к TimescaleDB.

III. Выводы

Предлагаемая система предиктивного обслуживания, основанная на хранении временных рядов сенсорных данных в специализированной базе данных TimescaleDB и их анализе с помощью алгоритмов машинного обучения, позволяет прогнозировать отказы промышленного оборудования до их возникновения и может быть применена на совместных белорусско-китайских производственных предприятиях, таких как «БелДжи», для сокращения внеплановых простоев и оптимизации затрат на техническое обслуживание.

Список литературы

1. Kapoor D., Gupta D., Uppal M. IoT-driven Predictive Maintenance for Enhanced Reliability in Industrial Applications [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/c0d450322a7f6b4e03b9dc808a20c70a12bd2c8c>. – Дата доступа: 27.03.2026.
2. AI4I 2020 Predictive Maintenance [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://archive.ics.uci.edu/dataset/601/ai4i+2020+predictive+maintenance+dataset>. – Дата доступа: 27.03.2026.

Грабовский Алексей Кириллович, студент кафедры информационных технологий автоматизированных систем БГУИР, aleshamayg@gmail.com

Научный руководитель: Лаппо Александр Игоревич, старший преподаватель кафедры информационных технологий автоматизированных систем БГУИР, lappo@bsuir.by.