

Промышленный интернет вещей для предприятий радиоэлектронной промышленности

¹Александров В. Р., ¹Баранов С. Е., ²Обухов И. А.

¹ *Научно-производственное предприятие «Исток им. Шокина»*
ул. Вокзальная, 2 а, г. Фрязино, 141190, Российская Федерация
sebaranov@istokmw.ru

² *Научно-производственное предприятие «Радиотехника»*
5-й Донской проезд, д. 15, стр. 11, г. Москва, 115419, Российская Федерация
iao001@mail.ru

Получено: 31 мая 2022 г.

Отрецензировано: 5 июня 2022 г.

Принято к публикации: 5 июня 2022 г.

Аннотация: *Описана платформа промышленного интернета вещей, ориентированная на решение задач, актуальных для управления предприятиями радиоэлектронной промышленности. Показано, что применение современного инструментария, основанного на интеллектуальном анализе больших массивов данных, позволяет обеспечить руководителей достоверной оперативной информацией для принятия управленческих решений.*

Ключевые слова: *интернет вещей, большие данные, интеллектуальный анализ данных, предиктивная аналитика, радиоэлектронная промышленность.*

Для цитирования (ГОСТ 7.0.5—2008): Александров В. Р., Баранов С. Е., Обухов И. А. Промышленный интернет вещей для предприятий радиоэлектронной промышленности // *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022. Т. 5, № 2. С. 209—217.

Для цитирования (ГОСТ 7.0.100—2018): Александров, В. Р. Промышленный интернет вещей для предприятий радиоэлектронной промышленности / В. Р. Александров, С. Е. Баранов, И. А. Обухов // *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. — 2022. — Т. 5, № 2. — С. 209—217.

1. Введение

Современный индустриальный мир все больше погружается в промышленный интернет вещей (*Industrial Internet of Things*, сокращенно — *IIoT*), в системы объединенных компьютерных сетей с подключенным к

ним технологическим, инженерным и стендовым оборудованием со встроенными датчиками и программным обеспечением для сбора и обмена данными, с возможностью удаленного контроля и управления в автоматизированном или автоматическом режимах.

Применение интернета вещей в промышленности создает новые возможности для развития производства и решения ряда важных задач: повышения производительности оборудования, снижения материалоемкости и энергоемкости производимой продукции, повышения ее качества, оптимизации и улучшения условий труда сотрудников, роста рентабельности производства.

Особенно актуальными эти возможности являются для радиоэлектронной промышленности — самой быстрорастущей отрасли промышленности в мире. За последние 30 лет среднегодовой темп роста мировой радиоэлектроники составил около 8 %.

Классические методы контроля на большом современном предприятии радиоэлектроники, использующем обширную производственную кооперацию, уже не позволяют комплексно и оперативно определять общую эффективность работы оборудования, объективно идентифицировать причины его простоя и техническое состояние. В результате повышается выход брака и снижается общая эффективность производства. Отсутствие оперативной аналитики о свободных мощностях предприятия не позволяют своевременно реагировать на потребности развивающегося рынка, что в свою очередь приносит убытки и снижает конкурентоспособность предприятия.

Желание преодолеть эти проблемы является стимулом для применения *IIoT* в производстве. Промышленный интернет вещей позволяет оперативно, в режиме реального времени, получить информацию по всему оборудованию на предприятии и рассчитать коэффициент его полезного использования. Применение на получаемом массиве данных предиктивной аналитики [1, 2] и нейронных сетей [3] позволяет построить график планово-предупредительных ремонтов и загрузки оборудования.

2. Платформа промышленного интернета вещей

В НПП «Исток им. Шокина» платформа *IIoT* строилась на основе коммерческого решения *Winnum*¹, включенного в реестр российских программ для ЭВМ и баз данных Министерства связи и массовых коммуникациях Российской Федерации. Отбор производился из продуктов нескольких компаний, сравниваемых более чем по ста параметрам.

¹ Электронный ресурс: <https://winnum.io/>

Выбранное программное обеспечение оказалось максимально пригодным для решения задач предприятия. Оно содержит готовые решения для мониторинга производственного оборудования, контроля активов на основе *RFID/BLE* и контроля технологических процессов. Поддерживается возможность самостоятельного добавления сигналов оборудования на основе документации и встроенный *SDK*, позволяющий самостоятельно разрабатывать пользовательские приложения. Важным элементом *Winnum* является собственная система управления большими данными.

Построение платформы *IIoT* предприятия было начато с пилотного проекта в металлообработке. Было задействовано 9 обрабатывающих центров — металлообрабатывающих станков с числовым программным управлением. Были достигнуты следующие результаты:

- простой станка (бездействие оператора после 5 минут статуса «Станок остановлен») — снижен на 1,7 %;
- состояние «Станок остановлен» (смена заготовки, ввод корректора на инструмент, отсутствие смены статуса на станке в течении более чем десяти минут после остановки управляющей программы - обслуживание оператором до 3 станков) — снижено на 1,9 %;
- состояние «Станок выключен» (дефицит штата операторов, норма обслуживания превышает 2 станка на 1 оператора) — снижено на 6,7 %;
- состояние «Нет управляющей программы» (отсутствует управляющая программа для работы) — снижено на 0,8 %;
- выход оборудования из строя (поломка станка, вызов группы механика для ремонта) — снижен на 5,8 %;
- состояние «Нет заготовок» (отсутствуют на рабочем месте заготовки для продолжения работы) — исключено полностью;
- состояние «Отсутствует технологическая/конструкторская документация» (отсутствие на рабочем месте чертежа, 3D-модели, маршрутной карты) — исключено полностью.

В совокупности при масштабировании на всю металлообработку предприятия полученные в пилотном проекте результаты уже дали ощутимый экономический эффект. Однако сложность технологических процессов производства радиоэлектроники выдвигает новые требования к системе мониторинга оборудования: система должна уметь обеспечивать мониторинг не только технологического, но и инженерного, стедового оборудования и вспомогательных систем, участвующих в производственном цикле, а также выявлять зависимости в их работе. Должны формироваться массивы данных для разных категорий сотрудников: механик, технолог, директор производства, генеральный директор и т. д. Эту задачу решает единый ситуационный центр (см. рис. 1).



Рис. 1. Ситуационный центр мониторинга оборудования.

Fig. 1. Situational equipment monitoring center

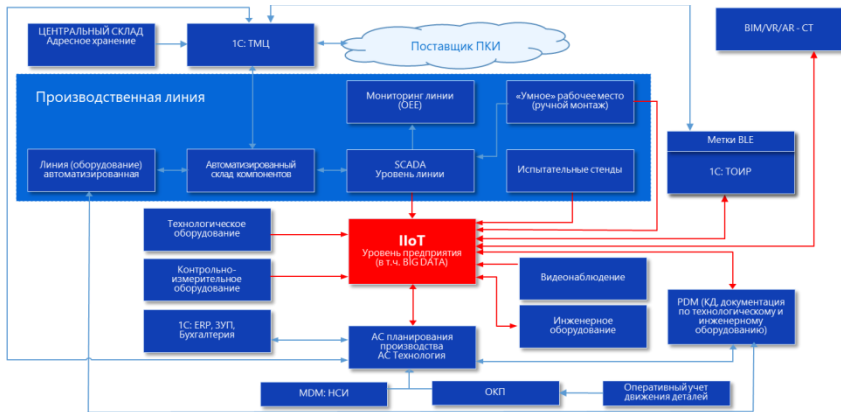


Рис. 2. ИТ-ландшафт IIoT предприятия.

Fig. 2. IT landscape IIoT enterprise

Для анализа связей платформы интернета вещей с информационными системами предприятия, была разработана схема ИТ-ландшафта *IIoT* (см. рис. 2). Видно, что *IIoT* тесно пересекается почти со всеми информационными системами, поддерживающими производство изделий, порождая новые интеграционные связи. Это и оборудование, вспомогательные системы, существующие *SCADA*, системы технологической подготовки производства, системы оперативно-календарного планирования и т. д. Конфигурация действующей *IIoT* предприятия показана на рис. 3.

Сегодня *IIoT.ISTOK* — это передовая российская платформа для промышленного интернета вещей, которая содержит полный набор инструментов для удаленного мониторинга, диагностики и оптимизации работы техно-

логического, инженерного и стендового оборудования, изделий и процессов их эксплуатации с интегрированной системой защиты ИТ-инфраструктуры.

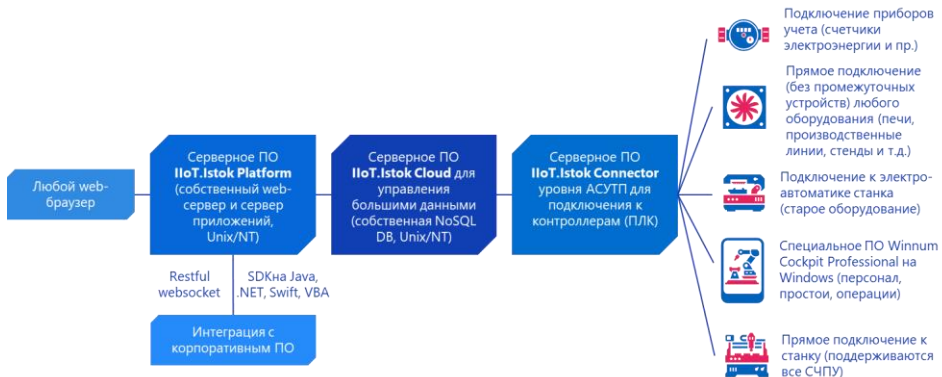


Рис. 3. Архитектура платформы интернета вещей предприятия.

Fig. 3. Enterprise IoT Platform Architecture

Встроенная *Big Data*, *SDK* и различные методы интеграции платформы *IIoT.Istok* с существующими информационными системами предприятия позволяют строить более глубокую аналитику, основанную, например, на количестве сотрудников в смену, количествах вмешательств в технологию, трендах выпуска годной продукции, скорости поставок ТМЦ, графике планово-предупредительных ремонтов, номенклатуре применяемых материалов при производстве, контроле ручных операций и т. д. Все эти данные формируют «цифровую тень» изделия, что дает возможность быстрее реагировать на рекламации и повышать качество выпускаемой продукции.

Гибкость платформы за счет встроенных базовых элементов позволяет ей найти свое место на различных этапах производственного цикла и обеспечения деятельности предприятия, а именно:

— мониторинг и диспетчеризация производственного, технологического и инженерного оборудования:

- ✓ мониторинг нагрузки, технологии, действий персонала, диагностика;
- ✓ прямое подключение к системам управления;
- ✓ поддержка всех систем с числовым программным управлением;
- ✓ неограниченное количество сигналов, как правило, 150—300 на единицу оборудования;
- ✓ специализированное ПО и планшет для ввода ручных состояний (простои, операции, персонал);
- ✓ вывод аналитической информации на информационное табло (дашборды);

- контроль перемещения транспорта:
 - ✓ прием заявок водителем;
 - ✓ контроль выполнения заявок;
 - ✓ поддержка всех основных трекеров;
- контроль производственной среды и технологии:
 - ✓ наглядная динамическая 2D- и 3D-визуализация;
 - ✓ электронные журналы и протоколы;
 - ✓ работа со стационарным и переносным оборудованием;
- контроль местоположения с технологией *RFID (BLE, LoRaWan, GSM-маяки и т. д.)*:
 - ✓ поиск и анализ местоположения и длительности пребывания;
 - ✓ контроль комплектации и прохождения точек ОТК;
 - ✓ маркировка продукции для последующей идентификации;
 - ✓ автоматическая идентификация объектов с помощью радиосигналов;
- мониторинг окружающей среды:
 - ✓ накопление и анализ показаний различных датчиков и контролеров;
 - ✓ вывод данных на информационное табло;
 - ✓ установка правил, действующих при выходе показателей за допустимые пределы;
- поддержка модели «умный город»:
 - ✓ объединение в единую систему всех систем мониторинга предприятия;
 - ✓ подключение ко всем имеющимся *IP*-камерам;
 - ✓ подключение к системам электроснабжения с оперативным оповещением о чрезвычайных ситуациях на мобильные устройства;
 - ✓ мониторинг и диагностика состояния сигналов светофоров;
 - ✓ мониторинг и диагностика состояния транспорта.

3. Заключение

В АО «НПП «Исток» им. Шокина» разработана, внедрена и функционирует собственная платформа промышленного Интернета вещей PoT.Istok, решающая задачи мониторинга различного оборудования и анализа больших массивов данных. Платформа входит в состав программного продукта «Цифровое производство», созданного на предприятии. Некоторые из реализованных в настоящее время возможностей платформы описаны в данной работе.

Применение *IIoT.Istok* позволяет в режиме реального времени получать достоверные данные от многочисленных и разнородных источников. Анализ этих данных формирует объективную картину текущего состояния предприятия и прогноз ее развития с любой степенью детализации, начиная от технического состояния единицы оборудования и заканчивая объемом выпуска продукции.

Благодарности

Авторы благодарны Минпромторгу России за предоставленную субсидию на выполнение работ.

Список литературы

1. Machinery health prognostics : a systematic review from data acquisition to RUL prediction / Y. Lei, N. Li, L. Guo [et al.] //Mech. Syst. Signal Process. 2018. Vol. 104. P. 799—834.
2. Чикало О. В., Александров В. Р., Обухов И. А. Система раннего обнаружения проблемного телекоммуникационного оборудования. В сб. : 30-я Междунар. Крымская конф. «СВЧ техника и телекоммуникационные технологии» — КрыМиКо'2020 (Севастополь, 6—12 сент. 2020 г.). 2020. С. 128—129.
3. Назаров А. В., Лоскутов А. И. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем. СПб. : Наука и Техника, 2003. 384 с.

Информация об авторах

Александров Виталий Романович, директор по цифровой трансформации НПП «Исток им. Шокина», Московская область, г. Фрязино, Российская Федерация.

Баранов Сергей Евгеньевич, начальник отдела НПП «Исток им. Шокина», Московская область, г. Фрязино, Российская Федерация.

Обухов Илья Андреевич, технический директор НПП «Радиотехника», г. Москва, Российская Федерация.

Industrial Internet of Things for Electronic Industry Enterprises

V. R. Alexandrov¹, S. E. Baranov¹, and I. A. Obukhov²

¹ *Research and Production Corporation “Istok”*
2a Vokzalnaia st., Fryazino, Moscow region, 141190, Russian Federation
vrleksandrov@istokmw.ru

² *Scientific-Industrial Company “Radiotekhnika”*
15, build 11, 5th Donskoi proyezd, Moscow, 115419, Russian Federation
iao001@mail.ru

Received: May 31, 2022

Peer-reviewed: June 5, 2022

Accepted: June 5, 2022

Abstract: *The industrial Internet of Things platform is described. It is focused on solving the problems that are relevant for the management of the electronic industry. It has been shown that the use of modern tools based on intelligent analysis of Big Data makes it possible to provide managers with reliable operational information for management decisions.*

Keywords: *Internet of Things, Big Data, intelligent analysis of data, predictive analysis, electronic industry.*

For citation (IEEE): V. R. Alexandrov, S. E. Baranov, and I. A. Obukhov, “Industrial Internet of Things for Electronic Industry Enterprises,” *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 5, no. 2, pp. 209–217, 2022, doi: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.15. (In Russ.).

Acknowledgment

The authors are grateful to the Ministry of Industry and Trade of Russia for the grant provided for the work.

References

- [1] Y. Lei, N. Li, L. Guo, N. Li, T. Yan, and J. Lin, “Machinery health prognostics: a systematic review from data acquisition to RUL prediction,” *Mech. Syst. Signal Process.*, vol. 104, pp. 799–834, 2018.
- [2] O. V. Chikalov, V. R. Alexandrov, and I. A. Obukhov, “System for early detection of problematic telecommunication equipment,” *30th Intern. Crimean Conf. “Microwave and telecommunication technology” – CriMiCo 2020* (Sevastopol, September 6–12, 2020), pp. 128–129, 2020. (In Russ.).
- [3] A. V. Nazarov and A. I. Loskutov, *Neural network algorithms for forecasting and optimizing systems*, Saint Petersburg: Nauka i Tekhnika, 2003. (In Russ.).

Information about the authors

Vitaly R. Alexandrov, Director of Digital Transformation, Research and Production Corporation “Istok”, Fryazino, Moscow region, Russian Federation.

Sergey E. Baranov, Head of the Department of Research and Production Corporation “Istok”, Fryazino, Moscow region, Russian Federation.

Иля А. Обухов, Technical Director of Scientific-Industrial Company “Radiotekhnika”, Moscow, Russian Federation.