

Ю.П. Страшун

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ/ РЕФЕРЕНТНЫХ АРХИТЕКТУР ИНДУСТРИАЛЬНОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ IIoT В САУ

Аннотация. Выход в свет Указа Президента РФ В.В. Путина о стратегии развития информационного общества в РФ [1] на 2017–2030 годы [1], делает особо актуальным проведение анализа применения технологических/референтных архитектур IIoT в САУ. В частности, в Указе упоминаются технологические системы для подключения к сети Интернет устройств Интернета Вещей (IoT) и Индустриального Интернета (IIoT). В докладе рассматривается набор основных терминов, используемых для характеристики аппаратно-программных средств при исследовании и проектировании объектов IoT (IIoT), дается определение современной системы автоматизации и управления (САУ), анализируются технологические/референтные архитектуры IIoT компаний Intel и National Instruments, рассматривается пример симбиоза упомянутых компаний в создании экосистемы.

Ключевые слова: ПКА, ПЛК, БМКБ, стандарт OPC, ПО, ШД (шаговый двигатель), СД (серводвигатель).

DOI: 10.25018/0236-1493-2019-02-0-197-205

Можно дать определение современной САУ [2], как системы осуществляющей:

а) комплексное решение задачи локального супервизорного управления технологическим процессом производства и функционированием производственного оборудования, а также задач обеспечения требуемого количества и качества продукции и рентабельности производства в связи с руководством компании (корпорации) и функционирования в качестве бизнес-системы с единым центром управления;

б) мониторинг (непрерывный и спорадический) с целью успешного решения задач по п. 1:

- вспомогательного производства и оборудования;
- состояние производственных и непроизводственных (склады, помещения административно-технического персона-

ла) помещений и территории предприятия в целом;

- наличие требуемых ресурсов производства на складах, готовой продукции на них;

- уровни потребления таких ресурсов, как электричество, вода, тепло и т.д.

В настоящее время продолжается доработка и адаптация стандарта OPC под задачи реального времени. В ряде случаев можно обойтись и без классической SCADA-системы за счет специального ПО, эмулирующего операторскую панель на компьютере и сохраняющих журнал событий на сервере БД.

Широкое применение в САУ начинают находить средства Индустриального Интернета Вещей (IIoT).

В рамках IIoT рассматривается в основном «умные предприятия» (транспортные, машиностроительные, перера-

батывающие и т.д.) и в какой-то степени «умные машины».

IIoT — это система объединенных компьютерных сетей и подключенных промышленных (производственных) объектов со встроенными датчиками и ПО для сбора (обмена) данными, с возможностью удаленного контроля и управления в автоматизированном режиме без участия человека.

Внедрение сетевого взаимодействия между машинами, оборудованием, зданиями и информационными системами, возможность осуществлять мониторинг и анализ окружающей среды, процесса производства и собственного состояния в режиме реального времени, передача функции управления и принятия решений интеллектуальным системам приводят к смене «парадигмы» технологического развития, называемой также Четвертой промышленной революцией [3].

Четвертая индустриальная революция (Индустрия 4.0) — переход на полностью автоматизированное цифровое производство, управляемое интеллектуальными системами в режиме реального времени, выходящее за границы одного предприятия с перспективой объединения в глобальную промышленную сеть Вещей и услуг [4].

Накопленный в мире опыт внедрения IIoT показывает, что переход на концепцию IIoT позволяет реализовать сложные, сквозные, полностью автоматизированные бизнес-процессы. Для ускорения внедрения IIoT в промышленность в

марте 2014 г. основан консорциум Industrial Internet Consortium.

В октябре 2015 г. в соответствии с решением Совета директоров ПАО «Ростелеком» одним из стратегических направлений развития ПАО определен «Индустриальный Интернет».

Отличительными особенностями и ключевыми признаками IIoT являются следующие [5]:

- вертикальная интеграция процессов производственных систем внутри предприятия;
- горизонтальная интеграция предприятий до уровня производственных систем;
- управление полным жизненным циклом (от проектирования до вывода из эксплуатации) продуктов производства.

Основой передовых аналитических систем, предназначенных для сбора, хранения и анализа данных о технологических процессах и событиях в реальном времени, является понятие экосистема. При этом масштаб экосистемы простирается от экосистемы одного производственного предприятия до глобальной экосистемы.

Данные хранятся и обрабатываются в так называемом «облаке», которое представляет собой, с точки зрения клиента, один большой виртуальный сервер.

Следующее по значимости понятием является шлюз.

На рис. 1 иллюстрируется концепция построения шлюзов, поддерживаемая компанией Intel.

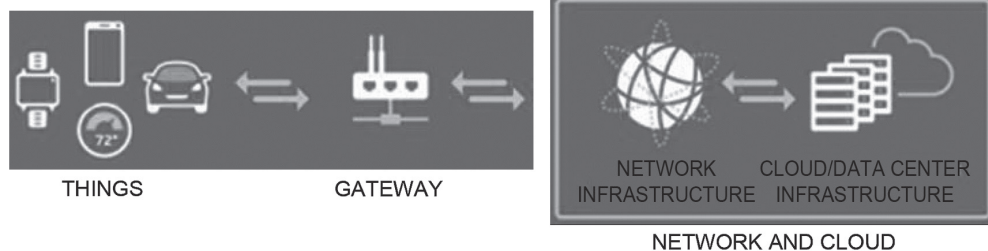


Рис. 1. Шлюзы Intel для IIoT

Fig. 1. Intel gateways for IIoT

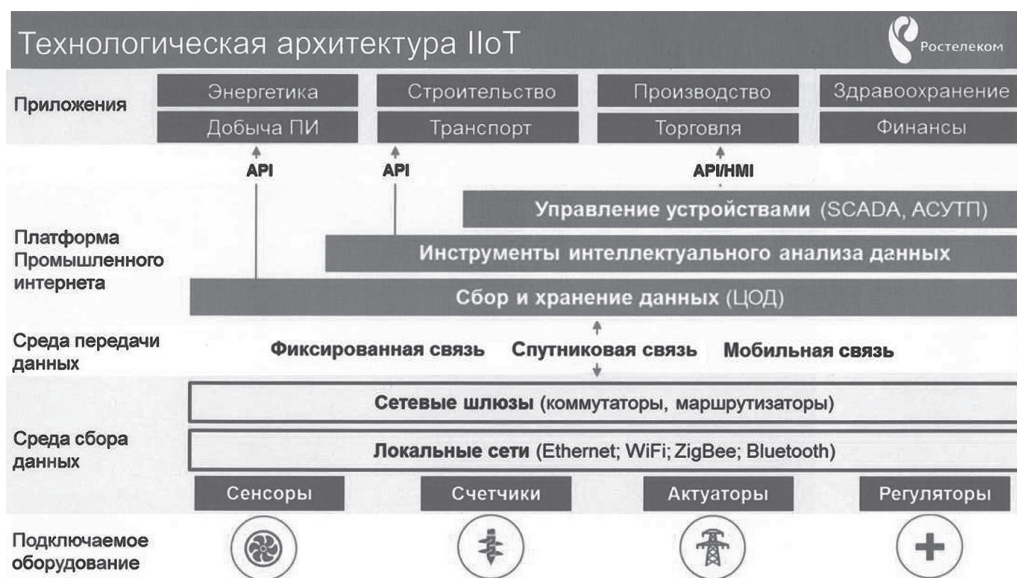


Рис. 2 Технологическая архитектура IIoT
Fig. 2 Technical architecture of IIoT

Основная задача шлюзов — преобразование различных промышленных протоколов и интерфейсов для последующего объединения устройств в одно целое.

Возможности шлюзов IIoT:

- преобразование протоколов;
- сбор и архивация данных;
- возможность мониторинга и оповещения о проблемах;
- возможность управления различными устройствами ввода-вывода.

Шлюзы IIoT являются интегральной частью экосистемы компании Intel. Шлюзы содержат hardware и ОС. Пример шлюза IIoT дан в [6].

В настоящее время происходит сближение функциональных возможностей и характеристик решений на базе x86-совместимых процессоров (в частности процессора Atom) и на базе ARM процессоров, используемых компанией Intel [7].

Важным для понимания проблем внедрения IIoT в промышленность является рассмотрение наряду с понятием «экосистема» понятия типовая техноло-

гическая/ референтная архитектура технических средств компаний в этой области.

Технологическая/референтная архитектура IIoT определяет набор принципов и стандартов, обеспечивающих выбор и использование таких технологий, как аппаратные платформы, операционные системы, системы управления базами данных, средства разработки, языки программирования, сервисы электронной почты, каталоги, сетевая инфраструктура и т.д.

Технологическая архитектура IIoT по предложению компании Ростелеком толкуется на рис. 2 [5].

Технологическая/референтная архитектура IIoT аппаратно-программных средств компании Intel

Функциональная система ее варианта приведена на рис. 3.

Технологические архитектуры Intel разрабатываются для 2-х различных случаев применения:

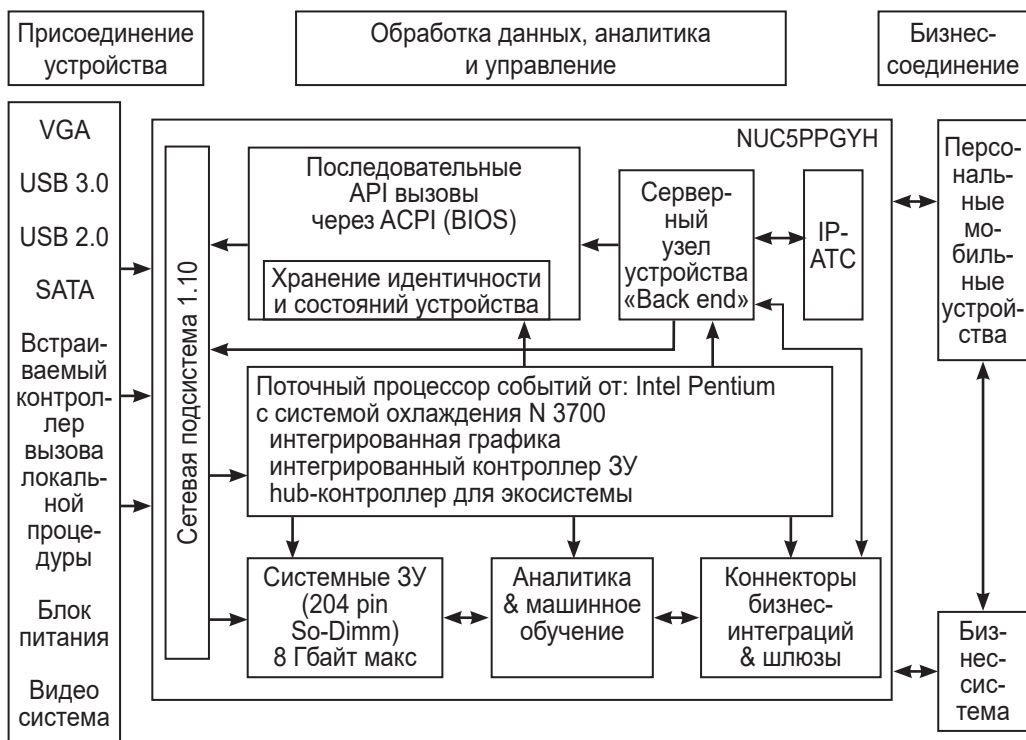


Рис. 3. Функциональная схема варианта архитектуры

Fig. 3. Alternative architecture function circuit

- присоединения существующей инфраструктуры — «присоединение неприсоединенных»;
- построения инфраструктуры интеллектуальных и соединенных устройств («вещей»).

Основные характеристики платы

Main characteristics of cardboard

Процессор	4-х ядерный Intel Pentium процессор N3700 до 6 Вт интегрированная графика интегрированный контроллер интегрированный RCH(Platform Controller hub)
Память	Системное ЗУ до 8 Гбит
Периферийные интерфейсы	USB 3.0 USB 2.0
Хранение	Один порт SATA 6.0 Гбит/сек.
БИОС	Intel BIOS, находящийся в SPI Flash устройстве Поддержка улучшенной конфигурации и питания интерфейса ACPI, система «включи и работай» и управление системой BIOS (SMBIOS)
Поддержка локальной сети	Гигабитная (10/100/1000Мбит/с) LAN подсистема, используется Realtech 8111HN-CG гигабитный Ethernet контроллер
Беспроводная техника	Intel Dual Band Wireless AC 3165 модуль. Максимальная скорость передачи до 433 Мбит/сек. Поддержка Intel интеллектуальной технологии присоединения

Вариант схемы для целей обработки данных, аналитики и управления выполнена на основе платы NUC5PPGYH.

Основные характеристики платы сведены в таблицу.

Сетевая подсистема включает в себя:

- Realtech 8111HN-CG гигабитный Ethernet контроллер (10/100 1000 Мбит/с);
- Двухдиапазонный беспроводный модуль AC3165.

Дополнительные характеристики сетевой подсистемы:

- Оборудование CSMA/CD протокола;
- Возможности управления питанием:
 - а) Поддержка (ACPI) (прямое управление питанием и функцией «Plug and Play» компьютера со стороны ОС);
 - б) ПО сетевой подсистемы.

Система должна знать состояние всех своих устройств. Все это обеспечивает ACPI. В то время, когда какое-то устройство простаивает, ACPI-драйвер снижает его мощность питания и вместе с этим уменьшает общее энергопотребление работающей системы.

ACPI BIOS — это часть кода BIOS, которая совместима с ACPI благодаря спецификациям. Как правило, это код, отвечающий за загрузку, засыпание / пробуждение и перезагрузку машины.

Связь Intel IoT с датчиками (источниками аналоговых и дискретных сигналов):

Чтение информации с датчиков и индикация данных осуществляется с помощью устройства Intel Gateway Developer Hub [6]. Запись в этот хаб производится по Интернету на основе опроса IP-адреса Intel NUC.

Функционирование хаба осуществляется с помощью шлюза, позволяющего осуществить взаимодействие датчика с «облаком» за очень короткий промежуток времени. Хаб обеспечивает способы легкого управления административными уставками шлюза.

Пример для связи датчиков с «облаком» на основе подключения Intel NUC и

Genuino 101 к IoT системе Watson компании IBM.

Пример относится к использованию компьютера (NUC) для подключения к IoT системе IBM Watson датчиков, присоединенных к плате Genuino 101.

В реальном времени можно считывать сведения с датчиков, тут же просматривать их на NUC и отправлять в «облако» IBM Watson. Графический интерфейс позволяет создавать блок-схемы, реализующие функции ввода, обработки и вывода данных.

Учитывая, что перспективность того или иного решения рассматривается в возможности его использования в промышленности и, в частности, в горном деле (для управления движением, электродвигателями и т.п.), целесообразно проанализировать разработки компании National Instruments, которые основаны на платформе автоматизации NRIO и, в частности, NI Compact RIO.

Архитектура системы NI RIO [8] построена на базе реконфигурируемой FPGA и контроллера реального времени. Основное отличие от традиционных систем имеется возможность работы с быстропротекающими процессами (с характерными временами до 1 мкс и цифровая обработка сигналов в реальном времени). Широкое применение FPGA в промышленности обусловлено тем, что используются лучшие компоненты ASIC (application-specific integrated circuit) и процессорные средства.

В последние годы широко применяется гибридная архитектура, часто называемая гетерогенной архитектурой. Например, компания NI реализовала гибридную архитектуру в реконфигурируемых I/O (RIO) устройствах. Вариант программируемого контроллера NI Compact RIO cRIO-9033 [9] представляет собой многофункциональную встраиваемую систему сбора данных и управления, разработанную для задач, требую-

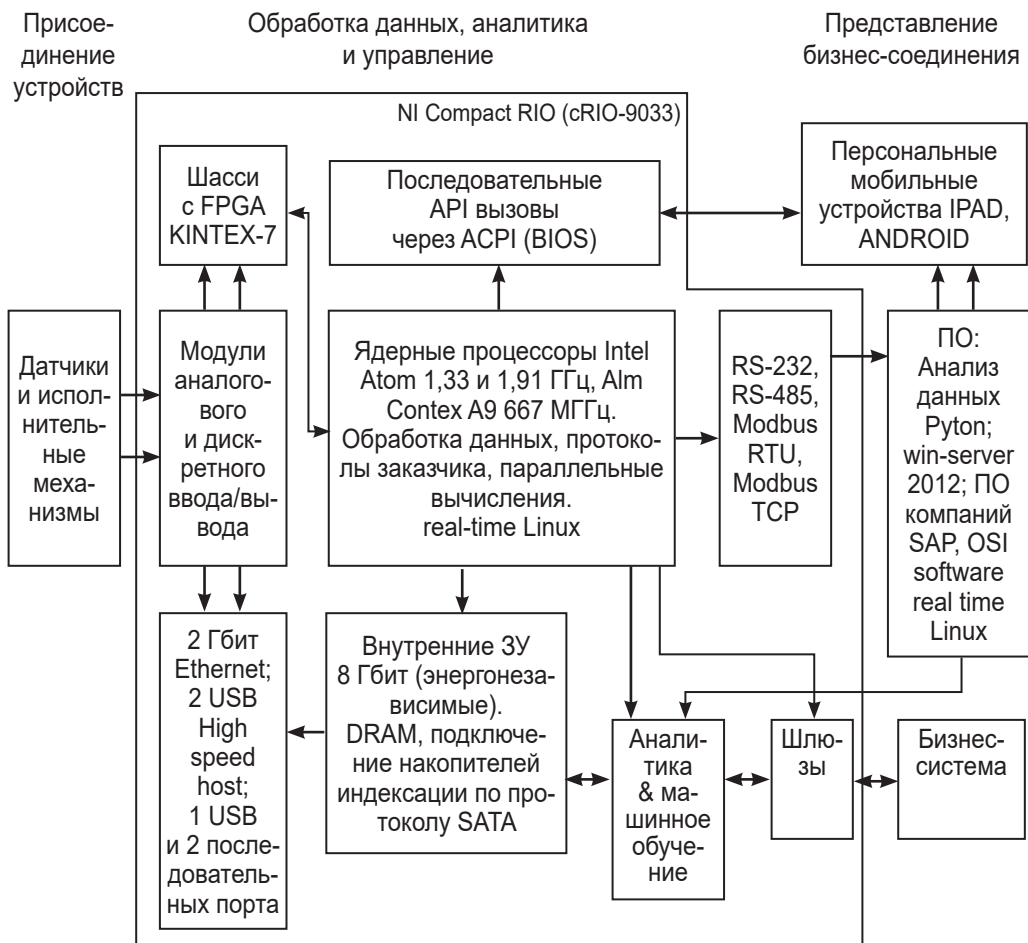


Рис. 4. Функциональная схема варианта архитектуры с использованием cRIO-9033
 Fig. 4 Alternative architecture function circuit using cRIO-9033

ющих высокой производительности и надежности измерительных и управляющих систем. (см. рис. 4).

В объекте управления и мониторинга cRIO-9033 основным является технологический процесс. Способ управления по протоколу Modbus, с использованием цифро-аналоговых модулей, модуля для шаговых двигателей (ШИМ). Параметры мониторинга: температура, ток, напряжение, частота, мощность, положение, скорость, ускорение, регистрация аварийных состояний.

Технические возможности cRIO-9033 освещены в [9].

В самом общем виде, управление шаговым двигателем сводится к задаче отработки определенного числа шагов в нужном направлении и с нужной скоростью.

На блок управления ШД (драйвер) подаются сигналы «сделать шаг» и «задать направление». Шаговые двигатели применяются для управления частотой вращения без применения дорогого контура обратной связи.

Промышленный программируемый контроллер автоматизации cRIO-9033 с шасси для модулей имеет возможность установки до 4-х модулей (с возможно-

стью расширения) для мониторинга, управления и измерений.

Также как в архитектуре IIoT компании Intel, в CRIO-9033 компании NI используется концепция ACPI со следующими возможностями:

1. Компьютерная система должна выполнять конфигурирование устройств программными средствами, управление питанием должно быть более функциональным и безопасным.

2. Политика управления питанием сложна для реализации в ROM BIOS, поэтому должна осуществляться исключительно самой ОС.

3. ОС развивается независимо от аппаратного обеспечения, поэтому на всех ACPI-совместимых машинах можно будет добиться увеличения производительности и стабильности за счет смены операционной системы.

В cRIO-9033 также имеются порты USB и интерфейс SATA. Интерфейс SATA (Serial advanced technology attachment) является последовательным интерфейсом обмена данными. Используется на материнских платах для подключения устройств хранения данных. В SATA осуществляется ускоренная передача данных по сравнению с интерфейсом USB 2.0. Один порт SATA обеспечивает теоретически скорость передачи данных 6 Гбит/с.

Комплекс совместных технических решений компании Intel и National Instruments для разработки встраиваемых систем и, в частности, САУ, является примером сопряжения двух экосистем в рамках IIoT.

Совместная работа компаний нацелена на обработку больших массивов данных. NI Compact RIO, поддерживаемая процессором компании Intel, осуществляет мониторинг данных. При этом используется интерфейс драйверов для работы адаптеров ряда последовательных портов.

Для разработки встраиваемых систем компания NI единую архитектуру реконфигурируемого ввода/вывода (RIO). Возможность повторного использования кода и применение единой архитектуры гарантирует быстрый и экономически выгодный переход от макета к готовой системе, а также минимальное время выхода системы на рынок (см. рис. 5).

Заключение

В рассматриваемом в докладе наборе основных терминов, используемых для характеристики средств IoT(IIoT) в САУ, отдается предпочтение технологическим/референтным архитектурам и, в частности, компаний Intel и National Instruments.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента РФ В.В. Путина № 203 от 09 мая 2017г.
2. *Страшун Ю. П.* Технические средства автоматизации и управления. Учебное пособие. — М.: Изд. дом «МИСиС», 2015. — 154 с.
3. Бизнес-конференция TADVISER cloud day 2017. Обзор TADVISER.
4. *Беспалов А.* Внедрение технологий «Индустрия 4.0»: Первые шаги / PC Week 11.10.2016.
5. *Индустриальный интернет: предложения ПАО «Ростелеком».* Материал компании 2017 г.
6. *Intel IoT Gateway technology.* Материал компании Intel.
7. *Страшун Ю. П.* Современное состояние разработок систем автоматизации и управления // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 7. — С. 350—356.
8. Технологии NI для создания встраиваемых систем и систем АСУТП. Материалы семинара компании National Instruments.М., 2014
9. *Страшун Ю. П.* Технические возможности перспективных программируемых контроллеров автоматизации ПКА // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2017. — № 9. — С. 86—93. DOI: 10.25018/0236-1493-2017-9-0-86-93.

10. Ковалев А. Новые перспективы «компьютеров на модуле: инновационные системы со сверхнизким потреблением на основе ARM и SoC. ЗАО «RTSoft» // Компоненты и технологии. — 2013. — № 5.

11. Будущее «облачных» технологий: характеристики, технологические и экономические аспекты, перспективы. Национальный центр поддержки и разработки, 2012г.

12. Петрусевич К., Урбаньски Л. ПЛК, ПАК и ППК. Западно-померанский технический университет. Сайт «Время электроники».

13. Егоров В. Б. Интегрированные коммуникационные микроконтроллеры и сетевые процессоры / Доклад на II Всероссийском форуме «Цифровая электроника». — М. Экспоцентр, 2012. **ИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Страшун Юрий Павлович — кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, старший научный сотрудник, ПАО «Институт электронных управляющих машин им. И.С. Брука», НИТУ «МИСиС», e-mail: y_strashun@inbox.ru.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2019. No. 2, pp. 197–205.

Analysis of application technology (referent) architectures IIoT in automation and control systems (in Russian: CAУ)

Strashun Yu.P., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Leading Researcher, Senior Researcher, e-mail: y_strashun@inbox.ru, PJSC Institute of electronic control machines named after I.S. Bruk, Moscow, Russia, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

Abstract. Decree of president RF Putin V.V. about development strategy information society [1] makes very actual conducting of analysis application IIoT in automation and control systems (in Russian-CAУ). In particular, in decree are mentioned technology systems for switching to network IoT and IIoT devices. In this report is given determination contemporary CAУ, realizing complex decision of task supervision over technology process and functioning as a business system. Moreover it considers a set of main terms, used during estimation hardware and program means of IoT (IIoT) objects. It's noted that functioning IIoT in a real time provides ecosystem, scale of which is extended from one enterprise till global ecosystem and in which for these purposes are used gates. In this report is considered conception of creating gates, supported by INTEL. It's making conclusions that for deep understanding problems of introduction IIoT in industry is very useful to analyse it's typical technology/referent architectures. In connection with it are discussed variants of architectures companies Rostelecom (set of environments data acquisition, transfer and control), INTEL and National Instruments/NI/. Put in Intel variant with using printed board NUC5PPGYH, NI-programmable controller compact RIO cRIO-9033. Symbiosis of two last mentioned companies in creation IIoT ecosystem is discussed.

Key words: PAC, PLC, FPGA, OPC standard, software, stepmotor, servomotor.

DOI: 10.25018/0236-1493-2019-02-0-197-205

REFERENCES

1. Ukaz Prezidenta RF V.V. Putina № 203 ot 09 maya 2017 g. [The decree of the President of the Russian Federation V.V. Putin No. 203, May 09, 2017].
2. Strashun Yu.P. Tekhnicheskie sredstva avtomatizatsii i upravleniya. Uchebnoe posobie [Technical means of automation and control. Educational aid], Moscow, Izd. dom «MISiS», 2015, 154 p.
3. Biznes-konferentsiya TADVISER cloud day 2017. Obzor TADVISER.
4. Bepalov A. Vnedrenie tekhnologii «Industriya 4.0»: Pervye shagi [Introduction of industry 4.0 technologies: First steps], PC Week 11.10.2016.
5. Industrial'nyy internet: predlozheniya PAO «Rostelekom». Company material, 2017.
6. Intel IoT Gateway technology. Intel Company material.
7. Strashun Yu.P. Sovremennoe sostoyanie razrabotok sistem avtomatizatsii i upravleniya [Current state of development of automation and control systems], Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2015, no 7, pp. 350–356. [In Russ].

8. *Tekhnologii NI dlya sozdaniya vstraivaemykh sistem i sistem ASUTP* [NI technology to create embedded systems and process control systems]. Materials of the National Instruments seminar. Moscow, 2014.

9. Strashun Yu. P. *Tekhnicheskie vozmozhnosti perspektivnykh programmiruemykh kontrollerov avtomatizatsii PKA* [Technical capabilities of advanced programmable automation controllers], *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2017, no 9, pp. 86–93. DOI: 10.25018/0236-1493-2017-9-0-86-93. [In Russ].

10. Kovalev A. *Novye perspektivy «komp'yuterov na module: innovatsionnye sistemy so sverkhznizkim potrebleniem na osnove ARM i SoC. ZAO «RTSoft»* [New perspectives «of computers on the module: innovative systems with ultra-low consumption based on ARM and SoC. CJSC «RTSoft»], *Komponenty i tekhnologii*. 2013, no 5. [In Russ].

11. Budushchee «oblachnykh» tekhnologii: kharakteristiki, tekhnologicheskie i ekonomicheskie aspekty, perspektivy [The future of cloud technologies: characteristics, technological and economic aspects, prospects], National center for support and development, 2012.

12. Petrusovich K., Urban'ski L. *PLK, PAK i PPK*. Zapadno-pomeranskiy tekhnicheskiy universitet. Sayt «Vremya elektroniki».

13. Egorov V.B. *Integrirovannye kommunikatsionnye mikrokontrollery i setevye protsessory* [Integrated communication microcontrollers and network processors, II Vserossiyskiy forum «Tsifrovaya elektronika», report. Moscow, Ekspotsentr, 2012.



ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ В МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ И В АРМАТУРЕ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, РАБОТАЮЩИХ НА ГАЗОМОТОРНЫХ ТОПЛИВАХ

(2018, № 12, СБ 51, 24 с.)

Мельников З.Г., Коноплев В.Н., Белицкий Г.В., Богданов В.Н., Абу Р.Х.-Ниджим, Шкарин К.В.

В XXI в. перспективными энергоносителями для горнодобывающей техники и транспортных средств, эксплуатируемых на Арктических и Северных территориях, Дальнем Востоке и Якутии, становятся природный газ и электроэнергия, вырабатываемая ГЭС, газопоршневыми и газотурбинными электростанциями, работающими на природном газе. Эффективность функционирования газопроводного транспорта РФ в значительной степени предопределяется системой контроля его технического состояния, современным уровнем ремонтных технологий на основе использования мобильных компрессорных установок, надежностью стыковочных и разъемных частей трубопроводов и соединений арматуры на энергоустановках транспортных средств, мобильных заправочных контейнеров с баллонами высокого давления и оборудования НГЗА, обеспечивающих технико-экономические, экологические требования и требования по пожаро-взрывобезопасности на основе конструкции разъемного соединения трубопроводов высокого давления с врезающимся кольцом.

INCREASE OF RELIABILITY OF CONNECTIONS IN THE MAIN PIPELINES AND IN FITTINGS OF THE VEHICLES WORKING ON GAS MOTOR FUELS

Mel'nikov Z.G., Konoplev V.N., Belitskiy G.V., Bogdanov V.N., Abu R.Kh.-Nidzhim, Shkarin K.V.

In the 21st century, natural gas and electricity produced by hydroelectric power stations, gas-piston and gas-turbine power plants operating on natural gas become promising energy carriers for mining equipment and vehicles operated in the Arctic and Northern territories, the far East and Yakutia. Efficiency of functioning of gas pipeline transport of the Russian Federation is largely determined by the system of control of its technical condition, the modern level of repair technologies based on the use of mobile compressor units, reliability of docking and detachable parts of pipelines and connections of valves on power plants of vehicles, mobile filling containers with high pressure cylinders and NGZ equipment, providing technical and economic, environmental requirements and requirements for fire and explosion safety based on the design of high-pressure pipeline split connection with the cutting ring. Projected tasks on the use of compressed natural gas and liquefied natural gas as the main alternative fuel for the equipment introduced into operation in the segment of quarry equipment of the mining industry for 2020-2030 it will require from manufacturers, operation, educational institutions and science an integrated approach and interaction in solving even such private design decisions, which is not possible without the organization of adoption.