

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
ООО «Объединённая компания Сибшахтострой»
АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс»
ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»
Кузбасский научный центр СО АИН им. А.М. Прохорова**

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
(в образовании, науке и производстве)
AS' 2021**

**ТРУДЫ XIII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

(с международным участием)

2 – 3 декабря 2021 г.

**Новокузнецк
2021**

УДК 658.011.56

С 409

Редакционная коллегия

д.т.н., профессор Н.А. Козырев, д.т.н., профессор С.М. Кулаков,
д.т.н., профессор Л.П. Мышляев, к.т.н. О.В. Михайлова, к.т.н.,
доцент В.А. Кубарев

С 409 Системы автоматизации (в образовании, науке и производстве) :
AS'2021 : труды XIII Всероссийской научно-практической
конференции (с международным участием) 2–3 декабря 2021 г. /
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации,
Сибирский государственный индустриальный университет [и др.] ; под
общей ред.: С. М. Кулакова, Л. П. Мышляева. – Новокузнецк :
Издательский центр СибГИУ, 2021. – 417 с. : ил.

ISBN 978-5-7806-0583-6

Труды конференции посвящены научным и практическим вопро-сам автоматизации управления технологическими процессами и пред-приятиями, социально-экономическими системами, образованием и ис-следованиями. Представлены результаты исследования, разработки и внедрения методического, математического, программного, техниче-ского и организационного обеспечения систем автоматизации и инфор-мационно-управляющих систем в различных сферах деятельности.

Сборник трудов ориентирован на широкий круг исследователей, научных работников, инженерно-технический персонал предприятий и научно-исследовательских лабораторий, преподавателей вузов, аспиран-тов и студентов.

УДК 658.011.56

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
ООО «Объединённая компания «Сибшахтострой» (г. Новокузнецк) ООО
«Научно-исследовательский центр систем управления» (г. Новокузнецк)
ООО «ЕвразТехника» (г. Новокузнецк)
АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс» (г. Кемерово) Журналы:
«Известия вузов. Чёрная металлургия» (г. Москва, Новокузнецк),
«Вестник СибГИУ» (г. Новокузнецк)

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2021

Научное издание

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
(в образовании, науке и производстве)
AS' 2021**

**ТРУДЫ XIII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

(с международным участием)

2 – 3 декабря 2021 г.

Под общей редакцией

д.т.н., проф. С.М. Кулакова,

д.т.н., проф. Л.П. Мышляева

Материалы докладов изданы в авторской редакции.

Подписано в печать 30.11.2021 г.

Формат бумаги 60x84 1/8. Бумага писчая. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 24,41. Уч.-изд. л 26,86. Тираж 300 экз. Заказ № 279

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, Кемеровская область – Кузбасс, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ

КОМПЕНСАЦИЯ ЭФФЕКТА ЗАТЕНЕНИЯ БАШНИ ВЕТРОУСТАНОВОК СРЕДСТВАМИ ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ Чепига А.А., Юсеф А.	69
ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ЗАФИКСИРОВАННЫХ СОБЫТИЙ СИСТЕМ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛА И ТРАНСПОРТА НА ШАХТАХ Койнов Р.С., Ляховец М.В., Комаров В.В., Гурьянов П.С.	73
РЕЗЕРВИРОВАНИЕ СЕРВЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ АСУТП ОФ «ШАХТА №12» НА ОСНОВЕ СОЗДАНИЯ КЛАСТЕРА ВЫСОКОЙ ДОСТУПНОСТИ Кулюшин Г.А., Грачев В.В., Раскин М.В., Иванов Д.В., Макаров Г.В.	78
АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БЛОЧНО-СИНХРОННОГО КЛЕТОЧНОГО АВТОМАТА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ГАЗОУГОЛЬНОМ РАСТВОРЕ Немцев А.Ю., Калашников С.Н.	84
ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ УЗЛА В СЕТЕВОЙ СТРУКТУРЕ Грачев А.В.	90
О КОНЦЕПЦИИ АВТОМАТИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ «INDUSTRIAL 4.0» Исаев Э.В., Михайлова О.В.	93
УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЯ Гусев С.С.	97
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ Кожевников А.А.	106
О РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНА РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ Ефимов Н.Ю.	113
МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СТРУКТУРНО НЕОДНОРОДНОМ ГЕОМАССИВЕ ПРИ ВЗАИМНОМ ВЛИЯНИИ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК Павлова Л.Д., Петрова О.А., Фрянов В.Н.	116
СЕКЦИЯ 2 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ	123
ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ОФ «ШАХТА №12» НА БАЗЕ ПАКЕТА AVEVA SYSTEM PLATFORM 2017 Иванов Д. В., Мышляев Л.П., Кулюшин Г.А., Коровин Д.Е., Грачев В.В.	125
О КОРРЕКТНОСТИ РАСЧЕТА СОСТАВА И СВОЙСТВ КОНЕЧНОГО ШЛАКА В АРМ ТЕХНОЛОГА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ Спирин Н.А., Гурин Н.А., Лавров В.В., Щипанов К.А.	130

научно-практической конференции. «Современные сложные системы управления (HTCS'2018)». – Старый Оскол, 2018. – С. 163–165.

3. Грачев А.В. О применении аппарат искусственной нейронной сети для прогнозирования состояния узла-посредника в системе управления компьютерной сетью. / А. В. Грачев. «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. AS2019». / Труды XII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). под общ. ред. С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева). – Новокузнецк, 2019. – С. 331–335.

О КОНЦЕПЦИИ АВТОМАТИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ «INDUSTRIAL 4.0»

Исаев Э.В., Михайлова О.В.

Сибирский государственный индустриальный университет,
Новокузнецк, Россия, eduard-isaev-2000@mail.ru

Аннотация: в работе рассматривается концепция цифровизации и ускорения развития промышленных технологий, связанная с переходом на Интернет вещей. Была определена цель работы - оценить архитектурную концепцию Интернета вещей для применения в задачах автоматизации технологических процессов. В результате исследования были сделаны выводы о месте «граничного интеллекта» и преимуществах интеграции ИТ и ОТ технологий в современных системах автоматизаций.

Ключевые слова: автоматизация, Интернет вещей, производство, архитектура, пограничный интеллект.

Abstract: the paper discusses the concept of digitalization and acceleration of the development of industrial technologies associated with the transition to the Internet of Things. The purpose of the work was determined - to evaluate the architectural concept of the Internet of Things for application in the tasks of automation of technological processes. As a result of the study, conclusions were drawn about the place of "boundary intelligence" and the advantages of integrating IT and OT technologies in modern automation systems.

Keywords: automation, Internet of things, manufacturing, architecture, edge intelligence.

С момента своего появления Интернет вещей (IoT – Internet of Things) оказал поистине ошеломляющее воздействие на промышленный и производственный мир. Интернет вещей стал не только важным инструментом для изучения и мониторинга прогресса производственных процессов с целью оптимизации производительности и затрат, но также и фундаментальным фактором, способным помочь компаниям улучшить качество своих процессов и конечных продуктов. Всё это стало возможным благодаря обработке дополнительной информации, получаемой от специальных интегрированных датчиков, проливающих свет на неочевидные аспекты деятельности и выступающих в качестве важных источников информации, которая имеет решающее значение для оптимизации производства [1].

На сегодняшний день большинство производственных предприятий характеризуется высокодифференцированной производственной системой, хотя часто она ещё слабо оцифрована [1]. Включение всех механизмов в единую систему позволяет организовать взаимодействие с производственным оборудованием. В результате появляется возможность цифровой обратной связи и контроля рабочих параметров прямо из MES-систем управления производством. Данные, собранные и используемые в режиме реального времени, сохраняются для анализа с целью извлечения полезной для планирования и оптимизации процессов информации, например, анализа тенденций, отклонений и повторяющихся ошибок, а также корреляции между проблемами и возможными их источниками (или способствующими им обстоятельствами). Эти закономерности выявляются промышленными аналитиками.

С появлением промышленного Интернета вещей (IIoT) компании начали поиск решений, которые позволяют задействовать аналитику данных для повышения производительности оборудования и процессов, качества и эффективности, а также для снижения

эксплуатационных расходов либо для добавления в свой ассортимент новых услуг, укрепляющих перспективные бизнес-модели.

Интернет вещей может повысить способность компании к совершенствованию с точки зрения качества, например, в области пищевой промышленности, где необходим большой набор проверок и постоянный контроль, особенно в случае консервированных или расфасованных продуктов. В этом контексте Интернет вещей может оказать ценную помощь благодаря, например, применению датчиков и систем искусственного зрения (как на основе профилометров, так и на базе стереоскопических камер).

Трудно предложить универсальный рецепт, применимый в любом контексте. Если компания уже встала на путь цифровых инноваций, то IoT на таком производстве, безусловно, не является чем-то новым. Если же компания делает свои первые шаги или планирует начать освоение этого нового пути, то ей, вероятно, понадобится консультант, который поможет настроить последовательный процесс.

В связи с концепцией Интернета вещей также много говорится о пограничном (edge) интеллекте и преимуществах, которые он может принести [2]:

- унификация данных путём трансляции протоколов и агрегации данных для взаимодействия с различными новыми и устаревшими подсистемами, а также получение данных и преобразование их в более удобные для ИТ форматы;

- снижение затрат за счёт локального реагирования на события и их фильтрации, что позволяет быстро реагировать на ключевые события, снижая затраты на передачу необработанных данных и тем самым повышая ценность передаваемой информации;

- быстрое принятие решений благодаря реализации локальной бизнес-логики, за счёт оперативного локального принятия решений и автономной работы в случае сбоя связи;

- повышение общей безопасности системы благодаря управлению ключами, аутентификации и шифрованию.

Неопределённость нахождения пограничного интеллекта в значительной степени связана с различиями между классическими архитектурами систем автоматизации и архитектурами IoT. В классической системе автоматизации граница обычно определяется как место, где реальный мир встречается с виртуальным (рисунок 1)..



Рисунок 1 – Классическая структура системы автоматизации

Это точка, где датчики и приборы взаимодействуют со SCADA-системой (или любым другим программным обеспечением, подходящим для конкретного рассматриваемого приложения). С момента, когда данные достигают этой границы, вся система работает в рамках традиционной иерархии сбора данных и управления. Обычно все данные передаются вверх по стеку в точку, где принимается решение, а результирующие команды управления передаются обратно на границу. Крайне важно, что фактические данные, передаваемые по кругу, всё равно остаются в своём необработанном состоянии, заставляя центральную систему считать, например, что двоичное число, поступающее с сенсорного интерфейса, на самом деле трактуется в терминах физического измерения как изменение точки касания экрана, и оставляя граничному устройству задачу интерпретировать то, что означает с точки зрения его локальной работы изменение значения, полученного в виде

двоичной переменной. Один из самых интересных связанных с цифровизацией машин и процессов аспектов, безусловно, – так называемая сенсоризация, то есть возможность введения в отдельную машину или всю производственную линию датчиков с целью улучшения качества продукции [1]. На самом деле подавляющее большинство машин уже обладает в той или иной мере такими качествами: чтобы наилучшим образом выполнять производственную функцию. Компьютер или ПЛК, который управляет и контролирует определённые промышленные процессы, выполняемые определённым оборудованием, использует для этих целей ряд датчиков, установленных внутри самой машины. Что касается Интернета вещей и фабрик будущего, дополнительная возможность заключается в добавлении специальных датчиков для контроля и оптимизации качества продукции.

Мир Интернета вещей (рисунок 2) не может похвастаться простотой архитектуры: гибкость и взаимосвязанность, которые обуславливают мощь и преимущества системы IoT, приводят к гораздо менее чёткому распределению функций между физическими устройствами.



Рисунок 2 – Система автоматизации на основе IoT

Принципиальная характеристика системы IoT состоит в том, что порождаемые её компонентами данные должны быть представлены в виде, пригодном для потребления любыми авторизованными системами [2]. Формат данных должен быть пригоден для свободной передачи от производителя к потребителю, не следует полагаться на согласование в режиме «опрос-ответ» со стороны некой центральной системы. Производитель данных также должен контролировать причину и момент выдачи данных: на циклической основе, в ответ на какое-то локальное событие, либо, чаще всего, и на то и на другое.

Следует обратить внимание на то, что нет понятия главной системы и подчинённых (или принадлежащих ей) устройств. Системы рассматриваются с точки зрения производителей и потребителей данных, причём любое отдельное устройство в каждый момент времени может являться либо тем, либо другим. Таким образом, устройства не определяются их функцией. Например, два процесса остаются независимыми, но могут быть связанными.

Рассмотрим следующий пример. В классической архитектуре центральная система будет регулярно извлекать информацию из термостата, определять, как это соотносится с заданной уставкой, и выдавать команду нагревателю на включение или выключение соответственно. В мире Интернета вещей термостат публикует значение температуры без какого-либо представления о том, где или как оно будет использоваться. Нагреватель является одним из потребителей этих данных и использует их, чтобы определить для себя, включать или выключать отопление в помещении. Он, в свою очередь, может публиковать свой статус и информацию о времени выполнения действий или аналогичные показатели для потребления другими устройствами в других местах. Информация, публикуемая термостатом, вполне может быть использована устройствами и системами, которым необходимо значение температуры в комнате, но это уже никак не зависит от отношений, установленных между термостатом и нагревателем. Данный момент является ключом к пониманию разницы между IoT и классическими архитектурами автоматизации, а также

причин, по которым системы IoT являются настолько гибкими и трансформируемыми.

В настоящее время мы преодолеваем концептуальную двойственность, говоря о вторичном типе устройства пограничного интеллекта в архитектуре Интернета вещей – шлюзе Интернета вещей [2]. Этот шлюз обеспечивает тот же тип функциональности с точки зрения предоставления структуры для приложений, но отличается от пограничных устройств с точки зрения типа преимущественно используемых интерфейсов. Шлюзы Интернета вещей, как правило, фокусируются на коммуникационной связи, в то время как периферийные устройства инфраструктуры Интернета вещей, как правило, – на сенсорной связи.

Суть в том, что ключ к успешному проектированию системы IoT содержится в правильном распределении интеллекта по всей архитектуре с целью обеспечения необходимой обработки и манипулирования данными в наиболее эффективном месте для конкретного рассматриваемого случая использования. Если бы мы рассматривали всеобъемлющую универсальную архитектурную модель для системы IoT, то в любой реальной её реализации несколько уровней могли бы быть фактически сведены на нет, поскольку в каждом конкретном случае имеет смысл применять интеллект либо выше, либо ниже их в других слоях. Как видно из приведённых ранее рассуждений, сама идея того, что архитектура Интернета вещей имеет слои, в первую очередь, является фундаментально ошибочной, поскольку она состоит из сети взаимосвязанных приложений, формирующих и разрывающих связи друг с другом по мере необходимости.

Таким образом, существует разрыв между логической архитектурой системы Интернета вещей как совокупности динамически подключённых приложений и физической архитектурой, на которой она развёртывается, что обязательно связано с расположением и характеристиками активов пользователей и коммуникационных связей между ними. Растёт конвергенция аппаратных и коммуникационных технологий в сочетании с гибкостью размещения интеллекта в системе. Со временем вполне вероятно исчезновение терминов «пограничное устройство» и «промежуточный шлюз» и их замена понятием обрабатывающих хабов, узлов или чего-то подобного [2]. Такие узлы будут предоставлять свой физический интерфейс и вычислительные ресурсы (определяемые только локальной средой и сценарием их использования), предлагая их в качестве услуг всей системе, на которой могут быть развёрнуты приложения.

Итак, решения IoT позволяют:

- улучшить качество продукции и снизить объём брака;

- сократить отходы и сэкономить сырьё, одновременно переходя к более экологичным процессам, оптимально потребляющим энергоресурсы и снижающим загрязнение окружающей среды;

- иметь в наличии мощный инструмент для анализа возникающих на производстве проблем;

- реализовать структурированный контроль каждого изменения производственных процессов, обогащая арсенал средств возможностями цифровых двойников машин или процессов;

- расширить базу данных, доступных для промышленной аналитики, чем усилить функции раннего предупреждения и прогнозного обслуживания;

- связать подробную информацию о производстве с конечными продуктами, как для внутреннего использования (например, для управления гарантийным обслуживанием), так и в перспективе для внешнего использования конечными клиентами.

Библиографический список

1. Индустрия 4.0: как воспользоваться новыми технологиями // Журнал «СТА», подшивка №3/2021, стр. 6;
2. Где проходит граница интеллекта мира Интернета вещей // Журнал «СТА», подшивка №3/2021, стр. 18;