

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЧЕТВЕРТОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Р.А. Владов, В.М. Дозорцев, Р.А. Шайдуллин, М.М. Шундерюк (АО «Хоневелл»)

Анализируются ключевые технологии, определяющие переход промышленности к стандартам Industry 4.0. Рассматриваются практические аспекты внедрения инновационных решений. Подчеркивается роль государственных институтов в обеспечении быстрого и эффективного перехода к Industry 4.0. Даются практические рекомендации предприятиям, рассматривающим проекты реализации Industry 4.0.

Ключевые слова: Четвертая промышленная революция (Industry 4.0), Интернет вещей, Промышленный Интернет вещей, киберфизические системы, умные сенсоры, облачные сервисы, анализ больших данных, искусственный интеллект.

Введение

Популярной теме Четвертой промышленной революции сегодня уделяется огромное внимание, рассматривается ее воздействие на мировую экономику и экономику отдельных государств, на общество и социальные институты, ее последствия для человечества. В одной из часто цитируемых работ [1], принадлежащей немецкому экономисту, основателю и президенту Всемирного экономического форума в г. Давосе М.К. Швабу, обсуждаются исторические предпосылки, влияние и последствия Четвертой промышленной революции (Industry 4.0).

Первой промышленной революцией, начавшейся в XVIII веке, принято считать переход от ручного труда к машинному производству, вызванный изобретением парового двигателя. Эта революция привела к появлению капитализма и вызвала бурное развитие мануфактур и городов, взлет науки и образования, обеспечивший растущие потребности производства в технологиях и квалифицированной рабочей силе. Вторая промышленная революция (конец XIX века) была обусловлена заменой паровых машин на электрические, что значительно расширило и увеличило темпы индустриализации. На смену мануфактурам пришли фабрики, конвейеры и массовое производство. Движущей силой следующей третьей промышленной революции (вторая половина XX века) стала автоматизация производственных процессов на основе электроники и информационных технологий.

Скорость, масштаб и системный характер происходящих сегодня перемен позволяют говорить о наступающей Четвертой промышленной революции. При этом ожидается, что она будет отличаться от предыдущих как темпами развития, так и степенью влияния на производство и организационную систему предприятий. Динамика развития технологий сокращает временной промежуток между революциями. Сегодня новые технологии стремительно сменяют традиционные и проникают во все сферы человеческой деятельности. Стирание границ, жесткая конкуренция на глобальных рынках и необходимость альтернативы выводу производства в регионы с дешевой рабочей силой подталкивают крупные компании и правительства развитых государств к инвестициям в науку и технологии. Размеры инвестиций в разработку и практические внедрения высоких технологий постоянно увеличиваются.

Имеются и чисто экономические причины, стимулирующие инвестиции и внедрение новых технологий. Это связано с требованиями к повышению производительности, сокращению себестоимости продукции за счет снижения операционных затрат. Прогнозируется, что переход к стандартам Industry 4.0 обеспечит повышение производительности в диапазоне 10...20% и выше в зависимости от отрасли и позволит увеличить ВВП промышленно развитых стран на 1...2% в год.

Что же такое Industry 4.0 с точки зрения высоких технологий? Прежде всего, это новый подход к производству и потреблению, а также концепция, согласно которой технологии объединяют физический мир с виртуальным (цифровым) и обеспечивают слияние физических, цифровых и биологических систем в киберфизические системы. Умные машины становятся активными системными компонентами, управляющими своими производственно-логистическими процессами и совершающими действия независимо от человека. Они смогут объединяться в сети, анализировать данные, самостоятельно принимать решения и адаптировать собственное поведение в соответствии с изменяющимися внешними условиями. Кроме этого, машины смогут самообучаться и оптимизировать свое поведение. Таким образом, Четвертая промышленная революция станет эволюцией машин.

Описанные возможности обеспечиваются следующими основополагающими технологиями.

- Промышленный Интернет вещей (IIoT, или Industrial Internet of Things) — подключение производственного оборудования к Internet, что позволяет машинам взаимодействовать между собой, с окружающей средой и с человеком.
- Интеллектуальные сенсоры и системы автоматической идентификации — позволяют собирать данные о состоянии оборудования, количественных и качественных параметрах технологических процессов, незавершенной и готовой продукции и передавать данные людям и другим машинам для последующего анализа и принятия решений.
- Облачные сервисы — хранение и обработка больших объемов различных данных и предоставление результатов обработки для принятия решений.
- Искусственный интеллект — управление устройствами с помощью межмашинного взаимодействия без участия или при минимальном участии человека (эксперта).

Реализация этих технических факторов позволит также внедрить принципиально новые бизнес-модели производственной деятельности. Важно отметить, что само по себе внедрение современных технологий без изменений производственной культуры, принципов сотрудничества персонала, изменений цепочки принятия решений и управления не позволит этим технологиям полноценно прижиться на производстве и не приведет к качественному скачку. Изменения, через которые необходимо пройти компаниям для полноценного перехода на технологии Industry 4.0, весьма существенны и нуждаются в тщательном планировании и управлении. Важным компонентом плана управления изменениями станет обучение не только рядовых сотрудников, но в первую очередь лидеров изменений. Именно неготовность руководства предприятий к решительным изменениям часто является главным препятствием для их полноценной реализации.

Особенности управления изменениями и социальные аспекты новой технологической революции выходят за пределы темы настоящей работы, но, безусловно, больше всего в выигрыше от происходящих изменений останутся государства, организации и отдельные сотрудники, занятые в секторе высоких технологий и обеспечивающие интеллектуальный и физический капитал.

При рассмотрении технологий Industry 4.0 становится очевидным, что они не являются чем-то совершенно новым, а базируются на уже известных продуктах и решениях. Подход строится на использовании больших объемов уже накопленных и непрерывно поступающих новых данных для автоматического принятия решений и реализации действий и операций независимо от человека. Таким образом, умные машины смогут самостоятельно настраивать и оптимизировать собственную работу.

На наш взгляд, многие публикации по Industry 4.0 имеют чересчур отвлеченный характер и на разные лады перебирают теоретические аргументы в его защиту (при том, что ее необходимость никем не оспаривается). В настоящей работе дается обзор существующих и уже применяемых технологий, которые могут послужить основой для реализации Industry 4.0 в самом ближайшем будущем. Приводятся примеры успешных внедрений и даются рекомендации пользователям, готовящимся приступить к инновационным проектам в рамках наступающей новой Промышленной революции.

Промышленный Internet вещей

Прежде чем перейти к промышленному Internet вещей, необходимо остановиться на Internet вещей (Internet of Things, IoT), частью которого он является. Internet of Things определяют как методологию вычислительной сети физических предметов («вещей»), оснащенных встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой, рассматривающую организацию таких сетей как явление,

Когда мы изменяем свой взгляд на вещи, эти вещи меняются.

Гэри Л. Лондре

способное перестроить экономические и общественные процессы, исключаяющее из части действий и операций необходимость участия человека [2, 3].

В серии стандартов по Internet of Things «Рекомендации Y.2060» (2012 г.), разработанной сектором стандартизации Международного союза электросвязи (МСЭ-Т или ITU-T), подчеркивается, что каждая физическая вещь в информационном мире Интернета вещей может быть представлена одной или несколькими виртуальными вещами, и при этом виртуальная вещь может существовать без соответствующей физической вещи. Физические вещи отображаются в виртуальные вещи, хранящиеся в БД и других структурах данных. Приложения обрабатывают виртуальные вещи и работают с ними.

В упомянутой Рекомендации описывается эталонная модель IoT, детализирующая фактические физические компоненты экосистемы IoT. Эти компоненты должны быть соединены, интегрированы, управляемы и предоставлены приложениям. При этом модель подчеркивает, что IoT на деле не является сетью физических вещей. Это, скорее, сеть устройств, взаимодействующих с физическими вещами, дополненная прикладными платформами (такими, как компьютеры, планшеты и смартфоны), взаимодействующими с этими устройствами.

Одним из важных устройств в структуре IoT (включая и промышленный IoT) является шлюз (Gateway) — элемент, соединяющий устройства с сетями связи. Он выполняет необходимую трансляцию между протоколами, используемыми в сетях связи и в устройствах. Шлюзы решают одну из главных проблем IoT, а именно, проблему совместимости как между разными устройствами, так и между устройствами и Internet либо корпоративной сетью. «Умные» устройства поддерживают широкий спектр беспроводных и проводных технологий передачи данных и сетевых протоколов.

Аналогично, в промышленном Internet вещей (Industrial IoT или IIoT) основной движущей силой являются интеллектуальные, подключенные и управляемые устройства. Архитектуру IIoT нужно рассматривать не как линейную структуру специализированных устройств, а как сложную ячеистую сеть, обеспечивающую множество путей передачи информации для поддержки различных сценариев их обработки, которая может выполняться в различных точках сети. Наиболее сложный анализ выполняется в облаке с высокой вычислительной мощностью, где разнородные данные полностью агрегированы. Низкоуровневый анализ может выполняться в точке сбора данных, а расширенный анализ — на периферийных шлюзах, где уже присутствует определенный уровень агрегирования.

Компоненты современных АСУТП уже поддерживают многие такие сценарии. Специальные пол-

Ключевые структурные элементы

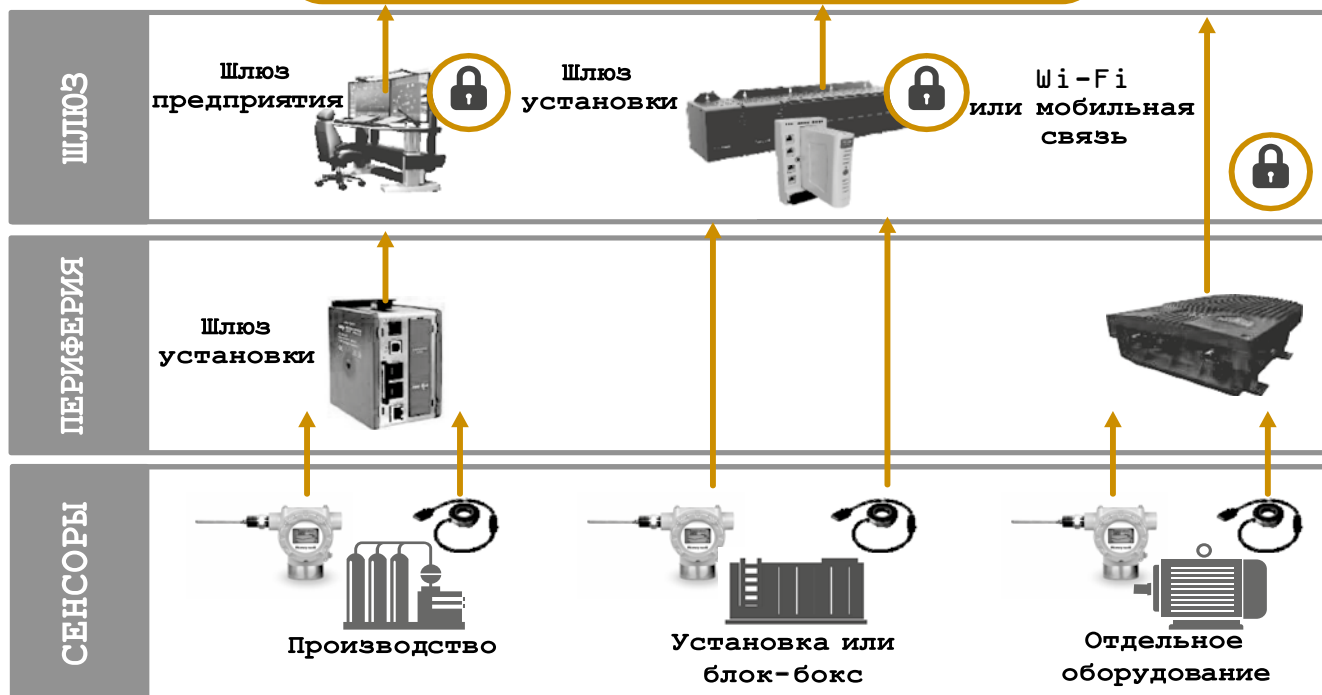


Рис. 1. Ключевые активные сетевые элементы Industrial IoT

нофункциональные периферийные шлюзы должны объединить функции граничных устройств для поддержки глубокого анализа данных и дистанционного управления.

Для полноценной архитектуры IIoT требуются следующие граничные устройства.

- Периферийный шлюз (Edge Gateway) — обеспечивает защищенные коммуникации между локальными устройствами, облаком и удаленными устройствами. Дополнительно он обеспечивает агрегирование данных для локальных периферийных устройств, выполняет управление и контроль потоков данных. При определенном уровне агрегирования данных на локальных устройствах периферийный шлюз может обеспечивать функции расширенного анализа данных.

- Узкопрофильные устройства сбора технологических/диагностических данных (Stranded Process/Asset data collection) — недорогие устройства, собирающие определенные данные и передающие их другим устройствам IIoT. Коммуникация с облаком может осуществляться через периферийный шлюз или напрямую. Такие устройства также могут самостоятельно проводить первичный анализ данных.

- Периферийный контроллер (Edge Controller/PLC/RTU) — объединяет функции управления и коммуникаций. Агрегирование данных происходит на уровне локальных серверов АСУТП и в облаке.

Ключевые элементы разных уровней структуры IIoT и их возможные связи показаны на рис. 1.

Важной особенностью IIoT является необходимость однозначной автоматической идентификации всех подключенных устройств. Существующие технологии позволяют автоматически назначать и счи-

тывать идентификаторы как виртуальных устройств, например IP-адресов, так и физических устройств, например, с использованием штрихкодирования или радиочастотных меток RFID.

Подключение устройств к IIoT

Для обеспечения межмашинного взаимодействия устройствам необходимо использовать общий язык общения или коммуникационный протокол. Сегодня одним из наиболее перспективных стандартов для связи промышленных объектов и других сценариев в умном и подключенном мире является OPC UA (Unified Architecture) [4]. Это первый унифицированный, признанный глобально промышленный протокол для интеллектуальных производств. OPC UA является продолжением широко распространенных стандартов OPC DA, OPC HDA и OPC A&E. Несмотря на гибкость и удобство использования, предыдущие стандарты имеют серьезные ограничения в части поддержки не-Windows платформ. Также отмечаются существенные недостатки в обеспечении информационной безопасности и возможностей маршрутизации, вызванные использованием модели взаимодействия Microsoft DCOM. Как результат, использование предыдущих стандартов ограничено в основном локальными вычислительными сетями предприятий. В новом стандарте OPC UA эти проблемы разрешены, что делает возможным их использование для передачи данных через Internet.

OPC UA расширяет возможности оригинального коммуникационного протокола OPC, обеспечивая сбор данных, передачу информации, а также надежные и защищенные коммуникации между производ-

«Умные» сенсоры

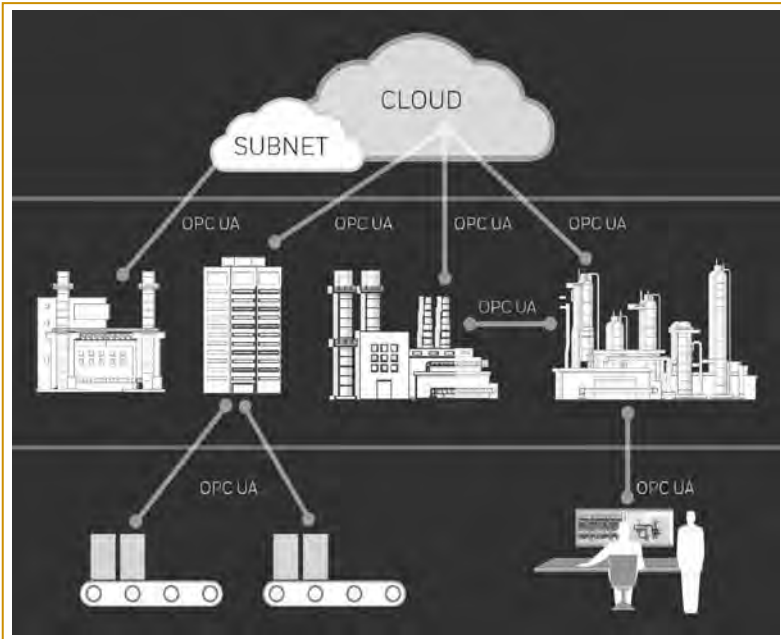


Рис. 2. Коммуникации с использованием OPC UA внутри производства и подключение к облачным сервисам

ственным оборудованием, периферийным оборудованием и облачными сервисами обработки и анализа информации.

Основные преимущества OPC UA: работа на любых операционных системах; поддержка как перспективных, так и устаревающих технологий; упрощенная конфигурация и сопровождение; сервисно-ориентированная технология; расширение способов подключений; повышение скорости передачи данных.

Производителям оборудования и независимым разработчикам ПО уже сегодня доступны комплекты средств, которые помогают ускорить создание продуктов на основе стандарта OPC UA с минимальными изменениями в инфраструктуре и обеспечить возможности подключения к ПоТ и обмена данными с другими устройствами независимо от платформы, операционной системы или размеров данных. Использование OPC UA позволяет организовать защищенные коммуникации внутри производства и подключение к облачным сервисам (рис. 2).

Так, на выставке Hannover Messe 2017 в Ганновере (Германия) компания Honeywell объявила о выпуске своего первого полностью масштабируемого комплекта средств разработки ПО для упрощения взаимодействия программных систем промышленного назначения Matrikon® FLEX OPC UA SDK. Решение Matrikon FLEX предназначено для производителей серийной продукции и поставщиков оригинального оборудования (OEM) для автоматизации производства. Решение позволяет быстро и легко наладить поддержку OPC UA при решении любых задач независимо от их масштаба от небольших микропроцессорных систем до корпоративных серверов. Это решение позволяет оптимально использовать ограниченные вычислительные ресурсы и память встраиваемых систем.

С конца 90-х гг. XX столетия в практику начали входить цифровые шины и интеллектуальные приборы, которые могут подключаться к этим шинам и передавать не только данные измеряемых параметров, но и информацию из встроенных систем диагностики. Сегодня наибольшее распространение в промышленности получили такие шины, как HART, Foundation FieldBus, Profibus, DeviceNet, DNP 3.0, IEC 60870, IEC 62056 и др. Такое большое число стандартов обусловлено как историческими причинами и географией распространения, так и изначальным фокусом разработчиков на решение специфических задач, присущих той или иной сфере использования. Так, например, HART и Foundation FieldBus используются в первую очередь для сбора данных измерений аналоговых параметров в непрерывных и периодических технологических процессах, а Profibus и DNP 3.0 более распространены для интеграции электротехнических устройств. Шины IEC 60870 и IEC 62056 используются для интеграции интеллектуальных счетчиков и управляющих устройств в территориально распределенные сети.

Традиционные сенсоры требовали обеспечения подключения и питания через проводные соединения. Это делало их установку и эксплуатацию достаточно дорогой. Сегодня все большее развитие начинают получать беспроводные датчики с интеллектуальными шинами, такими как WirelessHART. Текущие технологии имеют ряд ограничений, связанных с быстродействием таких сенсоров, их надежностью и совместимостью устройств от разных производителей, что ограничивает сферы использования, однако эти вопросы должны быть разрешены уже в ближайшем будущем.

На настоящий момент основными сдерживающими факторами повсеместного распространения интеллектуальных сенсоров остаются более высокие по сравнению с традиционными датчиками стоимость и размеры. В то же время наблюдаемая скорость изменения этих показателей позволяет рассчитывать на кардинальное изменение ситуации в течение уже ближайших 5...10 лет.

Облачные сервисы и искусственный интеллект

Большие объемы различных данных собираются непрерывно, к ним подмешиваются экспериментальные данные и результаты инспекций (визуального осмотра и неразрушающего контроля оборудования). Вся эта информация концентрируется в «озерах» данных (data lake). Учитывая стремительно растущее число подключаемых устройств и их оснащение сенсорами, наиболее критичным фактором успеха Четвертой промышленной революции является интел-

лектуальная интерпретация информации. Эта задача решается с помощью ПО, которое должно не только принимать и регистрировать данные, получаемые от сенсоров, но и обеспечивать возможности определения конкретного контекста данных и расширенные возможности анализа информации.

Простой предварительный анализ может реализовываться в шлюзах, но более сложная обработка агрегированной информации, поступающей из различных подключенных устройств, требует серьезных вычислительных ресурсов. На сегодня такие ресурсы обеспечиваются централизованными системами: либо собственными центрами обработки данных компании-пользователя, либо ресурсами, предоставляемыми провайдерами облачных вычислений в форме сервиса.

Важным элементом в анализе данных в рамках Industrial IoT являются так называемые «цифровые двойники». По мнению компании Gartner [5], цифровые двойники представляются одним из десяти наиболее важных технологических трендов 2017 г.

Цифровой двойник — это объект в виртуальном мире, сопоставленный объекту в физическом мире, со свойствами и поведением, адекватными этому физическому объекту в контексте рассматриваемых задач. Вместе они и образуют киберфизическую систему. Такие цифровые двойники можно использовать как средство организации и интерпретации информации, поступающей от производственного объекта и дополненной расчетами значений неизмеряемых ха-

рактеристик на основе разнообразных имитационных моделей. В дополнение к базовым функциям представления информации о физическом объекте виртуальные объекты предполагается оснастить искусственным интеллектом, отсутствующим у физических объектов. Это в первую очередь позволит им самостоятельно анализировать поступающие от физического объекта реальные данные и, в сравнении с ожидаемыми значениями или по набору правил, выявлять аномалии поведения, проводить диагностику текущего состояния и прогнозировать изменения состояния в будущие периоды, выполнять оценку собственной эффективности, безопасности и надежности. Интеллектуальные цифровые двойники могут взаимодействовать как с человеком, например, предупреждая диспетчера или оператора об определенных событиях, так и с другими цифровыми двойниками.

Объединяя виртуальный и физический миры (двойники), инструменты анализа данных и мониторинга состояния объектов могут выявлять проблемы до того, как они проявятся, предотвращая простои и оптимизируя работу объектов. Примером существующих коммерческих продуктов, которые реализуют концепцию «цифровых двойников» и обеспечивают возможности анализа данных, является система Uniformance Asset Sentinel компании Honeywell.

Обработка информации в Uniformance Asset Sentinel начинается с верификации и структурирования (рис. 3) данных. Верификация предусматривает проверку полноты и устранение ошибочных данных, которые могут исказить результаты дальнейшего анализа. Для этого используются методы статистического и регрессионного анализа и фильтрации данных. Структурирование происходит путем отображения показаний сенсоров на свойства оборудования, установок или других производственных объектов. Именно на этом шаге измерения приобретают смысл и контекст.

Следующий шаг — выполнение расчетов и прогнозов как внутри Asset Sentinel, так и во внешних специализированных инструментах, которыми могут служить пакеты высокоточных технологических расчетов, программы статистического анализа и прогнозирования (Seeq, MathWorks, Weibull Analysis), программы для анализа рисков и др. Результаты расчетов и прогнозы возвращаются в Asset Sentinel, где они используются совместно с собственными расчетами.

Прямые измерения, расчеты и прогнозы могут рассматриваться как симптомы в алгоритмах про-



Рис. 3. Процессы обработки информации в Honeywell Uniformance Asset Sentinel

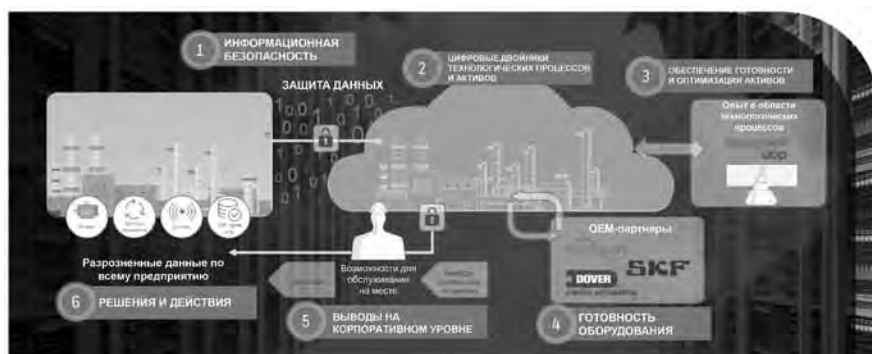


Рис. 4. Структура сервиса Honeywell Connected Plant Services

верки отклонений от нормального состояния. Отклонения описываются набором логических условий, таких как выход рабочей характеристики объекта за заданные пределы, скорость и направление изменения характеристики и др. Эти проверки могут выполняться для текущих значений и для будущих периодов на горизонте прогнозирования. Выявляемые отклонения могут инициировать автоматизированные процессы управления и запускать заранее сконфигурированные и хранимые в системе Asset Sentinel процедуры (например уведомление персонала) или направлять запросы на действия другим киберфизическим объектам.

Одновременно с этим результаты расчетов и анализа отклонений, а также возможные последующие действия и их результаты попадают во встроенную базу знаний или внешние «озера данных», где в дальнейшем могут использоваться сообществом экспертов и исследователей или для машинного обучения.

Совместно объектная структура данных, модели расчетов и модели анализа отклонений, специфичных для конкретных объектов, и представляют собой «цифровые двойники» соответствующих производственных объектов, то есть виртуальные составляющие киберфизических объектов.

Подобные подходы постепенно находят свое применение в промышленных компаниях для построения собственного решения в рамках инициатив Industry 4.0. По такому пути пошли в BP, Saudi Aramco, Reliance и ряде других компаний, уже использующих Asset Sentinel. Для поддержки перечисленных аналитических инструментов уже в 2017 г. рынку будут представлены коммерческие платформы облачных хранилищ технологических данных, способные в режиме реального времени принимать и хранить действительно большие временные ряды данных.

Пример готовых облачных сервисов

Одним из примеров применения технологий Industry 4.0 является сервис Honeywell Connected Plant Services или CPS (услуга «Подключенный» завод) для «умного» управления технологическими установками. На сегодняшний день обеспечивается поддержка технологических установок по технологии Honeywell UOP в нефтепереработке, нефтехимии и газопереработке. Параллельно ведутся переговоры с другими лицензиарами, а также с производителями оборудования и диагностических систем, такими как SKF, Flowserve, Dover.

Технически сервис CPS построен по общим принципам, описанным выше. В качестве аналитической платформы используется собственная платформа Honeywell Sentience™, которая является развитием стандартной промышленной платформы Uniformance Asset Sentinel. При этом облачная инфраструктура и аналитическая платформа совместно используются для аналогичных услуг Connected Aircraft («Подключенный» самолет) и Connected Home («Подключенный» дом).

Схема организации сервиса «Подключенный» завод представлена на рис. 4.

Указанный сервис предусматривает организацию защищенного канала связи между технологическим объектом и аналитической системой, расположенной в облаке Honeywell. Перед передачей данных в облако они структурируются и верифицируются, в облаке происходит дальнейшая обработка с помощью моделей; для каждого типа установок рассчитывается около 200 специальных ключевых показателей и симптомов, разработанных экспертами-технологами лицензиара UOP. Результаты расчетов доступны эксплуатационному персоналу и техническим специалистам заказчика в виде информационных панелей на защищенном Web-портале Honeywell. Доступ к расчетам имеют также эксперты Honeywell UOP, работа которых организована в круглосуточном режиме. При выявлении признаков неэффективной работы установок или потенциальных угроз безопасности и эксплуатационной готовности установки эксперты UOP связываются с дежурными специалистами заказчика с предложениями по предупреждению нештатных ситуаций. При необходимости предоставляется дополнительная информация о сути выявленных угроз и о различных способах их устранения. Горячая линия организуется посредством телефонной связи и электронной почты.

На примере установки дегидрирования пропана/бутана UOP OleFlex производительностью 510 тыс. т/г. данный сервис, по оценке экспертов, позволяет ежегодно получать дополнительную прибыль в размере 3,4 млн. долл. США за счет следующих факторов: оптимизация выходов продуктов; переработка оптимальной смеси сырья; снижение потребления энергоресурсов; увеличение срока службы катализатора; сравнительный анализ рабочих показателей с однотипными производствами (лучшими в своем классе).

Для нефтеперерабатывающих заводов дополнительная прибыль может составлять 2...3,5 долл. на тонну сырой нефти.

Описанный облачный сервис был представлен в середине 2016 г., но первые подписчики уже отметили его высокую эффективность. Среди таких «пионеров» можно отметить НПЗ Tyler (Техас, США) компании Delek Refining Inc., производство пропиленна на заводе Jubail компании AL WANA Petrochemicals Company (Саудовская Аравия), НПЗ Quang Ngai подразделения BSR компании PetroVietnam (Вьетнам).

Рекомендации промышленным предприятиям

Значительная часть технологий Industry 4.0 уже присутствует на рынке и прошла апробацию на реальных производственных объектах.

Основываясь на этом опыте, можно предложить следующие рекомендации компаниям, рассматривающим реализацию этих технологий.

- Начиная с того, что уже есть. Не ограничивайтесь по возможности простой заменой базовых систем автоматизации и средств измерений, мотивируя ее необходимостью подготовить «фундамент» для дальнейших преобразований. Конечно, такой фундамент необходим

и часто именно замена проблемных элементов КИП дает существенный эффект. Но принцип «сначала заменим весь КИП» только затягивает внедрение новых технологий, удорожает вхождение в Industry 4.0 и девальвирует преимущества от внедрения новых технологий. Как правило, передовые компании выстраивают проекты как цепочку получения преимуществ, чтобы в первую очередь снять «сливки», тем самым демонстрируя на каждом шаге положительный эффект, который будет обоснованием и мотивацией для следующих шагов.

- Выбирайте из широкого набора безопасных, готовых к IoT технологий. Они уже существуют и опробованы в деле.

- Используйте экспертный опыт крупных разработчиков для реализации значимого повышения эффективности бизнеса. Крупные производители решений уже обладают необходимой промышленной экспертизой.

Заключение

Появление новых киберфизических производственных систем в корне изменяет традиционную логику производства. Оно станет децентрализованным, и каждый элемент производственной системы будет сам определять, какую работу необходимо выполнить. При этом указанный переход может выполняться поэтапно путем постепенной оцифровки существующих производственных мощностей одновременно с применением новых технологий на вновь вводимых предприятиях.

С учетом глобальных масштабов промышленных секторов экономики массовое внедрение Industry 4.0 потребует колоссальных инвестиций, и частный бизнес будет готов осуществлять их только при очевидной выгоде и конкурентных преимуществах, которые хотя бы частично можно будет получить уже в краткосрочной перспективе. В первую очередь это относится к высокотехнологичным секторам экономики, к производству электроники, к фармацевтике, к отраслям с позаказным производством, а также к добывающему сектору, который являлся пионером в продвижении безлюдных технологий в силу удаленности от мест с квалифицированной рабочей силой и опасности производств.

Быстрая реализация Четвертой промышленной революции возможна только при поддержке и стимулировании со стороны государства. Для индустриально развитых стран, таких как США и Германия, одним из основных стимулов продвижения Industry 4.0 является стремление конкурировать с аутсорсингом производства в развивающихся странах. Широкомасштабное

внедрение киберфизических систем в Европе и США может перевернуть ситуацию с распределением рабочей силы и оттянуть часть производства обратно в эти регионы. При этом роль государства не должна ограничиваться только созданием благоприятного инвестиционного климата и финансовой поддержкой закупки и внедрения новых технологий. Государство должно предложить национальный план достижения лидерства в новых условиях, включая определение направлений развития науки, особенно в части обработки данных, искусственного интеллекта, телекоммуникаций и информационных технологий, создание экспертных площадок, формирование стандартов в области коммуникаций и информационной безопасности, обеспечение условий кооперации науки и бизнеса, вовлечение в инновации частного сектора, лидерство в части распространения новых технологий путем создания национальных и региональных центров сбора и обработки данных, предоставления услуг хостинга некоммерческим структурам и небольшим инновационным компаниям. Очевидно, что основную выгоду от этих преобразований получают государственные и коммерческие структуры, которые станут владельцами данных и основополагающих технологий и смогут потом коммерциализировать знания, получаемые на основании этих данных. Кто владеет информацией, тот владеет миром. Именно такую роль государства сегодня можно проследить на примере Германии и США.

Ну, а руководители предприятий должны осознать, что Industry 4.0 уже перестает быть просто модным трендом и медленно, но неотвратимо входит в наш мир. И тот, кто пытается оставаться в стороне от этого процесса сегодня, рискует оказаться за бортом бизнеса завтра.

Список литературы

1. Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution // Foreign Affairs, 12.12.2015 URL: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>.
2. Internet of Things // Gartner IT glossary — Gartner, Inc. (5 May 2012). URL: <http://www.gartner.com/it-glossary/internet-of-things/>.
3. Kevin Ashton, K. That 'Internet of Things' Thing. In the real world, things matter more than ideas. // RFID Journal (22 June 2009). URL: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>.
4. Top 10 Strategic Technology Trends for 2017 — Threat or Opportunity? // Gartner, Inc. URL: <http://www.gartner.com/technology/research/top-10-technology-trends/>.
5. Фортин, Т., Хокинсон Б. OPC UA и роль стандартов связи в развитии промышленного Internet вещей // Автоматизация в промышленности. 2016. №8.

Владов Роман Александрович — директор по развитию высокотехнологичных решений и консалтинга в СНГ и странах Каспийского региона АО «Хоневелл»,

Дозорцев Виктор Михайлович — д-р техн. наук, проф., директор департамента высокотехнологичных решений и консалтинга, **Шайдуллин Ренат Анварович** — консультант по высокотехнологичным решениям,

Шундерюк Михаил Мирославович — канд. физ.-мат. наук, старший инженер отдела систем усовершенствованного управления и оптимизации технологических процессов АО «Хоневелл».

Контактный телефон (495) 796-98-00.

E-mail: Renat.Shaidullin@Honeywell.com