

# Интернет Вещей на промышленных предприятиях

В.П. Куприяновский, Д.Е. Намиот, В.И. Дрожжинов, Ю.В. Куприяновская, Иванов М.О.

**Аннотация**— В статье рассматриваются вопросы, связанные с применением технологий Интернета Вещей на промышленных предприятиях. В статье рассматриваются основания для использования Интернета Вещей на предприятиях, приводятся примеры расчета экономической эффективности реализации. Большое внимание уделено конкретным моделям применения Интернета Вещей. В статье рассматривается архитектура приложений Интернета Вещей на промышленных предприятиях. В работе показывается определяющая роль платформы Интернета Вещей. Именно платформа обеспечивает сбор и анализ данных, что является ключевым моментом для современной автоматизации в промышленной сфере. И именно платформа является основным предметом стандартизации в данной области. В работе также рассматривается важная роль облачных технологий для сбора и анализа данных в приложениях Интернета Вещей.

**Ключевые слова**—Интернет Вещей, IoT, M2M.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Производственные единицы сегодня находятся под огромным давлением со стороны руководства и клиентов, чтобы обеспечить высокое качество продукции и услуг по низким ценам в минимальное количество времени. Любая компания, которая инвестирует время и деньги в Интернет Вещей (IoT), будет ожидать благоприятной отдачи от своих инвестиций. Сегодняшние лидеры рынка справедливо считают, что возврат инвестиций (ROI) является многомерным и, следовательно, они ориентированы на удовлетворение потребностей клиентов, сбор точных данных и превращения их в нужную информацию и дифференциации бренда - все это может привести их к увеличению дохода.

IoT создает новые возможности для компаний по расширению спектра своих услуг, усилению их бизнес-идей от точных и своевременных данных, улучшения бизнес-процессов и дифференциации их предложений на рынке. На самом деле, соединенные этим IoT

производственные единицы приводят производственные компании ближе к своим клиентам, обеспечивая при этом режим реального возврата инвестиций и окупаемость.

Исследование, проведенное Markets&Markets показывает, что IoT на производственном рынке находится на подъеме и, в конечном итоге, увеличивается с \$ 4,11 млрд. в 2015 году до \$ 13,490 млрд. к 2020 году [1]. Совокупные ежегодные темпы роста (CAGR), по оценкам, составят около 26,9%.

Сегодня об Интернете Вещей пишут и говорят очень много. Рыночный шум оглушает тех, кому это нужно для повышения своей конкурентно способности на рынке – производителям, и мы решили попробовать написать простым языком для них и всех интересующихся темой эту статью.

Причины этого состояния – быстрое развитие технологий, связанных с Интернетом Вещей. Это развитие привело с одной стороны к тому, что вся нужная литература по этой теме существует в избытке, но она крайне «разнокалиберна» - от солидных научных трудов [2,3] и не менее объемных фирменных материалов [4], до попыток описать достаточно просто компоненты решения. В последнем случае, мы бы отметили труды издательства O'Reilly [5,6,7,8,9,10,11], которые при всей своей безусловной полезности, собранные вместе, представляют значительный объем и написаны разными авторами с вытекающими отсюда разночтениями в терминологии и подходами до фирменных изданий, пытающихся свести все знания о технологиях IoT, например, для бизнеса [12] в виде общего руководства по определению понятий, но не сфокусированного непосредственно на промышленности.

Много полезного можно почерпнуть у консалтинговых компаний – все они издают труды на эту тему [13,14,15,16] и анализируют тренды и возможности с уклоном на микроэкономику или макроэкономику. Солидные международные организации делают прогнозы для стран и регионов на эту тему - WEF [17] и OECD [18,19], что говорит уже о зрелости и экономической целесообразности внедрения технологий связанных с Интернетом Вещей в промышленном производстве. Отметим также публикации [20, 21, 22], в которых мы утверждали, что такая зрелость технологий Интернета Вещей наступит к концу 2016 года. Этот срок настал, но, к сожалению, публикации на русском языке по этой тематике крайне ограничены. Поэтому мы решили подготовить такую

Статья получена 20 октября 2016.

В.П. Куприяновский – экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова (e-mail: vpkupriyanovsky@gmail.com)

Д.Е. Намиот - факультет ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова (e-mail: dnamiot@gmail.com)

В.И. Дрожжинов - АНО "Центр компетенции по электронному правительству" (e-mail: vladdroz@yandex.ru)

Ю.В. Куприяновская – Университет Оксфорда (email: Yulia.Kupriyanovskaya@sbs.ox.ac.uk)

М.О. Иванов – ЦЭМИ РАН (email: maximiv@list.ru)

статью, в которой попытаемся сосредоточиться на изложении того, как мы видим возможности сегодняшнего практического применения технологий Интернета Вещей, и какие понятные выгоды могут получить от этого те, кто занимается практическими вопросами на производстве.

## II. ИНДУСТРИЯ 4 ПОКОЛЕНИЯ (INDUSTRY 4.0) И ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ

Интернет Вещей, также известный как четвертая промышленная революция, имеет потенциал, чтобы изменить лицо производственного сектора. Если прогресс в технологии будет идти тем же темпом, умные заводы могут стать нормой, а не исключением, в течение десяти лет или даже менее. Итак, давайте выясним, что входит в создание умного завода и какова роль в этом Интернета Вещей. Интернет вещей является «факелоносцем» умных заводов. Он соединяет различные «вещи» друг с другом с тем, чтобы облегчить передачу данных. Несколько типов датчиков (датчики

давно известны всем на производствах) с возможностью подключения к облаку устанавливаются на заводе, чтобы собрать данные, которые помогут в оптимизации завода. Данные играют очень важную роль на интеллектуальном заводе. Обретение идей для оптимизации процесса производства может быть осуществлено только путем сбора данных. Более того, теперь можно передавать большие данные в режиме реального времени и доступны несколько вариантов хранения, чтобы сохранять их в централизованном месте. Все это затевается ради так же известного производителем термина – автоматизации.

Датчики и другие компоненты, поддерживающие IoT, установленные на заводе могут работать автономно для преобразования производства в промышленности в состоянии с минимальным вмешательством человека. Эти датчики в настоящее время способны обнаруживать неисправности на основе данных, собранных ими и независимо от человека позволяют принять решение о прекращении работы неисправного оборудования.



Рис. 1. Оценка работоспособности оборудования [23].

Это уже называется предиктивным профилактическим обслуживанием. И это на самом деле развитие существующих систем автоматизации на заводах.

То, что привносится нового в существующие системы это совсем другая точность и возможности новых измерений. Как правило, все начинает внедряться на наиболее нужных местах в производственных линиях, которые по тем или иным причинам работают хуже остальных или в автономных единицах, чаще называемых производственными участками. Все новое - это риски, но те, кто до сих пор имел опасения по поводу идеи создания автономных единиц, которыми управляют неодушевленные предметы, будут приятно обрадованы тем, что по уже имеющейся статистике эти

устройства обладают высокой надежностью. Эти крошечные устройства и гаджеты обладают высокой точностью и работают почти с прецизионной точностью, чтобы сделать свою работу.

По этим причинам Интернет Вещей идеально подходит для повышения уровня промышленной автоматизации на современных заводах. Для производственных компаний, в которых уже установлены датчики, исполнительные механизмы и другие устройства низкого уровня на их существующих промышленных системах автоматизации, модернизация и дооснащение IoT-совместимыми устройствами является желанной и быстро достижимой целью.

Компании могут воспользоваться сегодня в полной мере доступностью и надежностью электронных и телекоммуникационных технологий: увеличением скорости сети, объемом памяти, дешевыми

коммерческими датчиками и другими аппаратными средствами, наряду с хорошо зарекомендовавшими себя облачными платформами. Технология сегодня является достаточно отработанной и надежной, а также такой, чтобы не мешать при проектировании системы, как это было в прошлом. Это дает руководителям заводов новые уровни контроля и идеи, касающиеся производственных

площадок и их рационального использования.

Облачные решения для IoT являются в этом смысле также одним из определяющих элементов. Рисунок 2 иллюстрирует базовую модель от Microsoft, где хранение и обработка измерений ведется на облачной платформе Microsoft Azure.

Отметим, что такое облако может быть и частным.

## IoT Services Architecture & Platform Components

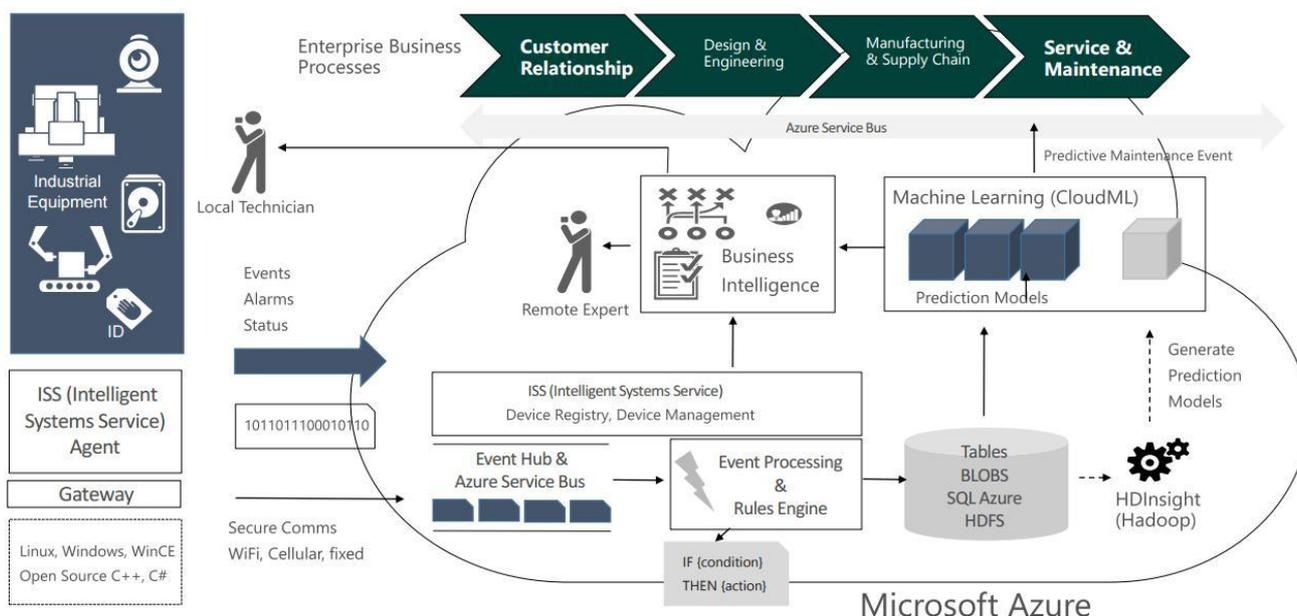


Рис. 2. Архитектура IoT

Ключ к успеху промышленной автоматизации дает использование собираемых данных. Но промышленные сети автоматизации с использованием технологий IoT, должны не только собирать данные, но и передавать эти данные либо в облако или во внутренний центр обработки данных. Именно в этих центрах будут внедрены технологии хранения и обработки данных такие, как, например, Hadoop и MapReduce. Именно здесь находится область применения науки о данных – data science, здесь же строятся и прогностические модели, использующие собираемые данные.

Еще одна причина для производителей внедрять IoT на своих фабриках и заводах - это вопрос об устаревании оборудования и систем промышленной автоматизации. Многие из систем промышленной автоматизации на заводах сегодня пережили своих поставщиков и, фактически, не имеют технической поддержки. Обновив свои системы с помощью IoT приложений, можно расширить как функциональные возможности, так и срок службы этих систем. Убывающие затраты на пропускную способность систем связи и хранения информации в Интернете означают, что компании теперь могут хранить терабайты данные очень дешево по сравнению с тем, как это было еще несколькими годами ранее.

Новый век в автоматизации в промышленности не ограничивается машинами и устройствами, выполняющими свои задачи без какого-либо

вмешательства людей. Технологии IoT пошли дальше, чтобы гарантировать, что датчики, ответственные за мониторинг рабочего оборудования и отправки данных в облачные системы хранения данных, также были способны запускать или останавливать эксплуатацию машин и механизмов независимо, если возникает такая необходимость. Например, если компания установила вибрационный датчик на машине или механизме, он обнаруживает вибрацию и посылает данные о ней в облако для обработки. Все это возможно сегодня из-за наличия надежных систем M2M на рынке. M2M средства - это устройства общения машина-машина также относящиеся к технологиям IoT. Они охватывают широкий спектр технологий, которые используются для того, чтобы сетевые устройства для того, чтобы обмениваться данными друг с другом и выполнять действия без помощи человека. Технология M2M имеет приложения практически во всех областях производства, включая обеспечение установок для страхования и безопасности персонала. Например, если в процессе производства отдельных видов товаров температура будет увеличиваться на фиксированной площади сверх определенного заранее предела, датчики будут записывать этот факт, и это вызовет немедленное отключение систем порождающих повышение температур, так как инженеры по технике безопасности компании решили, что пересечение этого порога опасно. Если компания не хочет внедрять автоматизированную систему отключения, она также может настроить датчики для передачи данных ключевым сотрудникам,

которые получают возможности дистанционного мониторинга на своих настольных компьютерах, планшетных компьютерах и даже на мобильных телефонах. Эти сотрудники могут затем отправить предписание о завершения работы этой машины или механизма удаленно, а так же предписание о том, чтобы уменьшить ее тепловой дебит или удаленно вмешаться в работу для того, чтобы решить проблему техники безопасности.

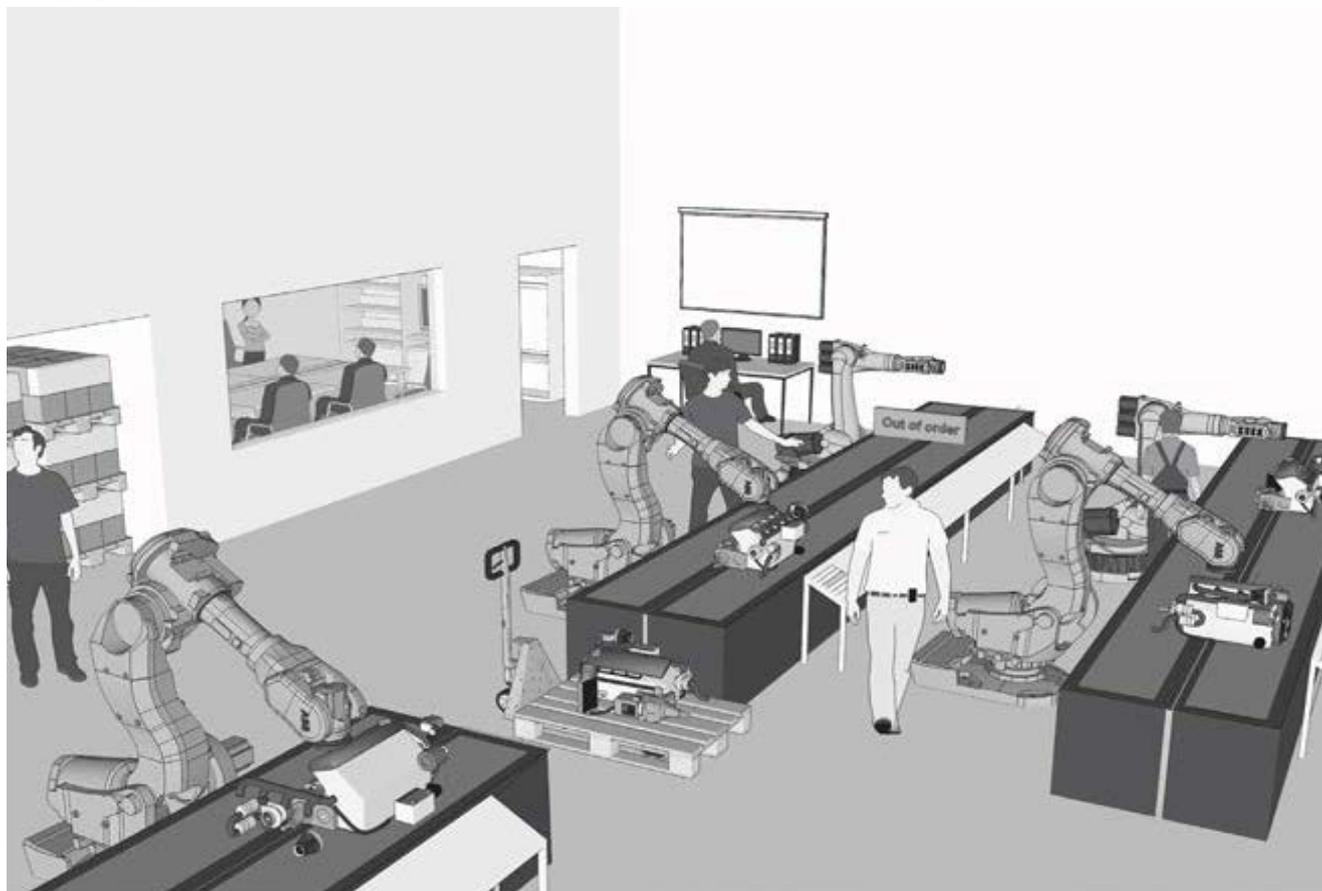


Рис 3. Человек на современном производстве

### III РАЗНООБРАЗНЫЕ ВЫГОДЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ НА БАЗЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

IoT дает возможности увеличения как прямых, а также и не прямых потоков доходов, как описано ниже в примерах. На основе услуг с добавленной стоимостью, которая может быть включена через технологии IoT, компания ABC оценивает, что связанная с этим линия продуктов может генерировать дополнительный поток доходов. Предполагая, что клиенты будут подписываться на эти услуги в течение первого года владения продуктом, тут приведен расчет образец этого увеличения доходов:

Шаг 1: Определите значение подключенных услуг продукции для каждой единицы продукции. Если предположить, что средняя цена продажи подключенного приложения составляет \$50 в год на одного пользователя, а среднее число пользователей на подключенном продукте составляет 20. Пример: \$50 x 20 пользователей в продукте = \$1000 для каждого продукта.

Шаг 2: Оцените общее увеличение дохода продукта.

На рисунке 3 мы хотели показать человека, который работает на современном производстве, движения роботов, контролируемые технологиями Интернета Вещей и другие опасные для жизни и здоровья работника события в режиме реального времени передаются работнику, а сами механизмы при возникновении опасности принудительно останавливаются.

Если предположить, что 25 процентов - это прикрепленная ставка на общую сумму единицы продукта объема выпуска 100 000, то увеличение доходов для продуктов нового подключенного приложения будет  $100000 \text{ единиц} \times 25\% \times \$1000 = \$ 25 000 000$ .

Эти технологии также позволяют провести разумную экономию затрат на оплату труда.

Пример: Компания ABC подсчитала, что каждый специалист по сервисному обслуживанию имеет возможности десяти посещения клиентов на месте в неделю. Ожидаемым результатом реализации удаленного сервиса будет сокращение числа посещения на месте в общей сложности на 30 процентов. Ставка для специалиста по обслуживанию составляет \$100 за час.

Шаг 1: Определить количество посещения в неделю, при условии, что в среднем сервисный визит у клиента длится четыре часа. Пример: 40 часов в неделю / 4 часа на визит = 10 вызовом в среднем по техническому обслуживанию в неделю.

Шаг 2: Определить человеко-часы, сохраненные с помощью удаленной диагностики средствами IoT и

ремонтных процедур в 30 процентов и меньшее число проблем без выезда на место. Пример: 10 вызовов x 30% x 4 часа = 12 человеко-часов, сохраненных в неделю

Шаг 3: Разработайте количественные метрики: оценить количество времени, необходимое во время рабочей недели по ставке для специалиста по сервисному обслуживанию для определения экономии затрат труда. Пример: 12 часов в неделю x \$ 100 за час = \$ 1200 в экономии на рабочей неделе.

Шаг 4: Определить влияние для всей организации такого выездного обслуживания. Пример: Предположим, что 100 техников x 50 x рабочих недель \$ 1200 за рабочую неделю = \$ 6,000,000 годовая экономия.

Кроме того технологии IoT порождают преимущества для бизнеса в разных его частях. Отслеживание продуктов и компонент: технологии IoT могут помочь производителям легко отслеживать продукты, такие как сырые материалы, готовые изделия, детали и многое другое. Датчики могут быть использованы для получения обновлений в режиме реального времени в отношении их, позволяя компаниям оптимизировать логистику, чтобы упростить и ускорить этот процесс и сократить нежелательные расходы. Отслеживание продуктов в режиме реального времени позволяет компаниям поддерживать качество их готовой продукции, поддерживать необходимый уровень запасов и даже предотвращать кражи.

Пример: производственная компания реализует передовую систему для отслеживания наличия исходных материалов для производства точно ко времени транспортировки. Используя RFID-метки, компания получила возможность отслеживать точное месторасположение материалов, что позволяет ей начать производство сразу после того, как материалы прибыли в нужное место, не теряя времени. Отслеживание продуктов и компонент в режиме реального времени не только помогает компании улучшить свою эффективность, но и помогает ей сэкономить время и затраты.

К еще одним возможностям улучшения бизнеса относится предиктивная поддержка (Predictive Maintenance), которая состоит в том, чтобы точно предсказать события в жизненном цикле ваших устройств, технического обслуживания машин и механизмов и их составных частей, путем анализа исторических данных. Анализ связанных данных о продукте может раскрыть модели событий, которые являются ранними индикаторами сбоев. Вместо того, чтобы выполнять профилактическое обслуживание на календарной основе, когда оно может быть не нужным, компании могут отслеживать точно, какой ресурс использования еще есть и когда пришло время для обслуживания; тем самым, устраняя ненужное профилактическое обслуживание, вызовы и преждевременные ремонты или замены деталей. Это помогает заводам выполнять профилактическое техническое обслуживание так, чтобы избежать простоев и проводить сокращение незапланированных и плановых простоев, а также минимизировать

прерывания по работе со своими клиентами. Это знание интеллектуального предиктивного обслуживания может затем приводить к увеличению доходов от обеспечения повышенной безотказности работы с премиальным ценообразованием по контрактам уровня сервисного обслуживания - SLA.

Пример использования: Фабрика превращается в "умную" путем установки датчиков вибрации и шума на машины и другие высококачественные активы. Эти датчики эффективно собирают данные, касающиеся работы машин, а также их компонентов. Данные анализируются в реальном времени, чтобы выяснить, когда неисправность машины может произойти, а также предсказать распад компонент машины или их частей. Это помогает заводу осуществлять техническое обслуживание заранее, чтобы избежать простоев.

Еще одно направление применения IoT в бизнесе - это улучшенный дизайн продукта: понимание, полученное от реального поведения конечных пользователей и использования моделей, также позволяет менеджерам продуктов и инженерам разрабатывать более эффективные продукты и приоритетные новые функции, а также добиваться увеличения их доли на рынке, предлагая лучший дизайн (проект) продуктов. Компания может использовать эти данные для определения следующего поколения требований к продукции и обеспечить то, что они разрабатывают продукт, который принимает по обратной связи точки зрения клиентов.

Пример: производителем умных часов установлены датчики для сбора информации для того, чтобы получить представление относительно использования их потребителем. Было установлено, что большинство потребителей, являются небрежными пользователями и повреждают свои часы сплошь и рядом. Это понимание побудило компанию изменить материалы, используемые для разработки своих часов и сделать их способными переносить грубое использование.

Выявление проблем качества (а это тоже часть производственных процессов): наблюдая тенденции в нескольких системах, вы можете уменьшить свои затраты путем выявления каких-либо проблем с качеством или конструктивными недостатками в некоторых частях, предоставляемых третьими сторонами или в пределах собственных производственных процессов, что позволяет понять, что является причиной простоев изделий у клиентов. Понимание взаимосвязи между проблемами и конкретными партиями или работой продукции может помочь идентифицировать плохую партию на ранней стадии и упростить процесс отзыва (возврата) продукции. Кроме того, возможно, окажется, что проблемы носят более серьезный характер, и они есть часть производственного процесса. В этом случае данные об использовании могут вызвать необходимость изменения текущих производственных процессов.

Пример: производство единицы продукции в конечном итоге выявило производство некачественного товара, а неисправность осталась обнаруженной в стадии тестирования. Первая партия продукта была

поставлена и датчики шума, прикрепленные к нему, отослали уведомления компании относительно нежелательного шума, который производится этим продуктом. Эти данные побудили компанию протестировать продукт снова. Было обнаружено, что определенный компонент в продукт не работает должным образом и, следовательно, компания сразу обнаружила все эти партии. Неисправность была устранена в звене производства и новые партии была поставлены потребителям.

Частью любого производства является логистика, которая при помощи технологий Интернета Вещей может использовать, например, динамическое планирование логистических маршрутов. Производственные подразделения могут использовать GPS/Глонас системы слежения за автотранспортными средствами для сбора точных данных о месторасположении средств его доставки в режиме реального времени. Эти данные собираются в централизованном месте и могут быть проанализированы для оптимизации маршрутов, предлагая лучший или альтернативный маршрут водителю. Различные факторы, такие как дорожная ситуация и состояния дороги могут быть приняты во внимание, прежде чем предлагать другой маршрут, чтобы обеспечить быструю доставку груза.

Пример: Компания использует динамическое планирование маршрута для доставки своих товаров в розничную торговлю так быстро, как возможно. Все данные о местоположении собраны в облаке и анализируются с помощью команд, чтобы гарантировать, что бы магазины, которые должны немедленно пополнить свои запасы, получили продукты перед тем, как они закончатся на складе. Кроме того, команда также принимает во внимание ситуацию с дорожным движением через надежные приложения и предлагает новые маршруты для водителей транспортных средств, чтобы сэкономить время и топливо.

Не последнее место в возможностях технологий Интернета Вещей занимают вопросы сокращения внутренних издержек таких, как, например, экономия и проверка потребления энергии. Экономия и проверка потребления энергии на заводе является необходимым предварительным условием, поскольку это может помочь уменьшить стоимость в значительной степени. Компоненты нового века Интернета Вещей используются, чтобы выяснить, сколько энергии или топлива было использовано определенной машиной или оборудованием, а собранные данные могут быть проанализированы, чтобы проверить, укладываются ли они в нормативные границы и принять меры.

Пример: компания решила использовать интеллектуальную систему мониторинга энергопитания, чтобы обнаружить, как много энергии используется каждой машиной на заводе-изготовителе, а также выявить неправильные подключения. Сигнал тревоги гаснет, как только эти ошибки выявлялись, которые

обозначались датчиками шума. Эти датчики запрограммированы для отправки уведомлений и тревог, чтобы сохранить потребление энергии под контролем. Таким образом, этот процесс оказался визуально и через звук привязанным к конкретным проблемным местам.

Любая выпущенная продукция производства имеет гарантии производителя, и Интернет Вещей вносит в этот процесс обратную связь, позволяя реализовать управление гарантиями. Интернет Вещей может помочь производителям эффективно управлять затратами на гарантийное обслуживание, идентифицируя, является ли неисправность в машине или изделии неисправностью производства, или она связана с тем, как продукт был использован. Это имеет огромный потенциал для производителей-поставщиков оборудования для заводов и может помочь компании сэкономить на расходах их техническое обслуживание и даже генерировать доход для их сервиса. Одним из главных преимуществ управления гарантиями является то, что он помогает избежать мошеннических претензий.

Пример: изготовитель установил на производимое им заводское оборудование датчики температуры и влажности для обнаружения условий, в которых эти устройства используются. При получении вызова от его клиента для технического обслуживания в течение гарантийного срока, производитель проверил условия эксплуатации, используя данные, собранные с помощью датчиков и обнаружил, что компания не придерживается параметров, установленных в гарантийных условиях. В связи с этим, компания сообщила о том, что клиентом их гарантийные условия не были выполнены, и ремонт будет означать дополнительную оплату для клиента.

#### IV IoT и возможности построения ОПТИМИЗИРОВАННЫХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Как мы уже говорили выше, технологии, построенные с использованием Интернета Вещей порождают новые, ранее не доступные данные, имеющие большое значение для эффективности интеграции данных и бизнес-процессов производственной организации, и, в частности, производственных единиц, которые внедрили связанные вещи / активы / объекты и могут реализовать преимущества от технологий IoT, получая в реальном масштабе времени точные данные для систем уровня предприятия, таких как CRM, ERP или хранилища данных. Данные, получаемые технологиями IoT от подключенных активов, в сотрудничестве с другими корпоративными системами, могут обеспечить видимую и наблюдаемую автоматизацию в масштабе всей организации. Кроме того, они могут дать интеграцию с системами гарантий качества (QA) или управления жизненным циклом изделия (PLM), что может помочь улучшить характеристики продукта на основе реальных данных, которые показывают модели использования или решить проблемы с оборудованием, помогая улучшить удовлетворенность клиента, а также осуществить рациональное выполнение тестовых и экспериментальных бета программ.

Измерение критических точек через данные об устройстве позволяет извещать сервисные команды, если существует риск отказа, и, одновременно, финансовый отдел может быть проинформирован, когда гарантии не могут быть оставлены в силе. Это оптимизирует критические бизнес-процессы, сокращает время обработки вызовов обслуживания, гарантийные претензии и т.д.

#### V ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ СИСТЕМ IoT В ПРОИЗВОДСТВЕ

В этой части мы попробуем изложить то, из чего, собственно, строятся решения на базе технологий IoT, предшественниками которыми были технологии M2M, которые сегодня стали составной частью этих технологий. Коммуникации машины-машины (M2M) были популярными некоторое время назад, и ряд производителей уже активно использовал их. IoT системы - это новая концепция из-за компонентов, которые они используют. С продвижением в технологии, их использование в промышленности растет в геометрической прогрессии, предлагая основные компоненты по относительно низкой стоимости, что делает их легкими для применения у всех типов производителей.

В первую очередь, это связано с прогрессом в области датчиков. Датчики - это основная движущая сила экосистемы технологий Интернета вещей в производстве. Они консолидируют данные в режиме реального времени и имеют возможность прямой интеграции с системами баз данных, системами ERP или хранилищами данных.

Подключенность датчиков IoT к сетям связи и, в первую очередь, беспроводным - это второе важное новшество. В отличие от того, что было несколько лет назад, Интернет-соединения являются надежными и доступными, позволяя производителям развернуть их в своих подразделениях. Существующие стандарты, такие как Bluetooth, Wi-Fi, BLE, RFID, ZigBee и семейство IPv6 в настоящее время широко используются в поддерживающих IoT технологиях на заводах. Другие развивающиеся стандарты - 6LoWPAN и 802.11ah, которые продвигаются некоторыми производителями устройств, создают необходимую конкуренцию и приводят к удешевлению решений и повышению качества связи. У компаний, заинтересованных в реализации технологий IoT на своих фабриках есть возможность выбрать из целого ряда продуктов, производимых на базе сетевых стандартов и решить, какие из них подходят для конкретных производственных компаний. Этот выбор зависит от нескольких факторов, таких как существующая инфраструктура, опыт ИТ-команды по работе с указанными выше стандартами и совместимость устройств. Вместе с другими компонентами так формируется конкретная промышленная платформа решений Интернета Вещей, которая может уже называться промышленным Интернетом Вещей.

Платформа IoT решений является наиболее важной частью умного (смарт) завода. Перед тем как непосредственно приступать к реализации технологий на базе IoT, очень важно, убедиться, что у вас есть благоприятная, открытая архитектура. Для промышленного предприятия, нарушение правил безопасности и отсутствие связи могут быть критическими недостатками, которые могут быть предотвращены пониманием что необходим стратегический подход к инициативам по технологиям IoT на производстве. Выше мы привели аргументы в пользу именно такого подхода.

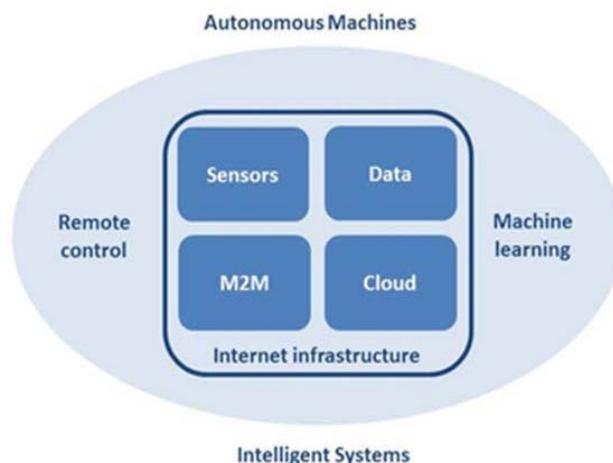


Рис 4 Принципиальная архитектура экосистемы IoT

Выбор подходящей платформы IoT является необходимым и неотъемлемым шагом в этой стратегии IoT, поскольку это будет способствовать мониторингу, а также контролю различных данных с помощью различных датчиков. Это также важно для создания приложений машина-машина (M2M) для удовлетворения цифровых бизнес-требований, как части этой стратегии.

Платформа IoT должна соединить точки доступа и сети передачи данных для приложений конечного пользователя в новую экосистему Интернета Вещей, что позволяет компаниям автоматизировать свои процессы и анализировать данные. Другими словами, платформы IoT действуют как промежуточные программные решения, которые соединяют данные, собранные на местах, и пользовательские приложения (APP) на мобильных устройствах или в SaaS приложениях. Решение IoT будут объединять множество функций, которые включают в себя: датчики и контроллеры, устройства шлюзов для сбора данных и отправки их на сервер, сеть связи для передачи данных, средства анализа данных и программного обеспечения для визуализации данных.

Типичные функции и возможности IoT приложений:

- Управление несколькими подключенными устройствами,
- Настройка подключения устройств,
- Отчеты по визуализации данных,
- Выполнение инициализации удаленных устройств и

их конфигурирование,

Проведение мониторинга устройств в режиме реального времени,

Распределение по беспроводным каналам обновлений встроенного программного обеспечения,

Создание облачных сервисов для смарт-продуктов,

Сбора и анализа данных датчиков,

Средства для анализа поведения пользователей и доставка целевых уведомлений,

Аналитика данных.

Аналитика данных является наукой анализа больших объемов данных или больших данных, которые были собраны для того, чтобы раскрыть шаблоны и другие идеи, которые пропускаются людьми. Концепция анализа больших данных не нова, но наличие облачных систем хранения и аналитических инструментов, таких как Microsoft Azure и Amazon Web Services среди прочего означает, что даже производители средних размеров теперь могут воспользоваться преимуществами анализа данных. Применение облачных технологий в текущей российской действительности может иметь, вместе с тем, свои особенности.

Человек воспринимает мир в основном через органы зрения, поэтому очень существенной частью новой экосистемы производств является визуализация данных. Данные, которые были собраны должны быть преобразованы в легко понятные человеку производства графики и отчеты, принятые в промышленности. Эта визуализация данных также входит в экосистему решений с использованием IoT. Есть много инструментов визуализации данных, доступных на рынок сегодня, такие как Tableau, D3.js, Power BI, R и Python [24], которые используются компаниями для выявления новых шаблонов (patterns) и для четкого разъяснения понятий явлений. С помощью интерактивных визуализаций можно осмысливать будущие бизнес-стратегии путем просмотра связанных диаграмм и графиков.

#### VI БИЗНЕС-ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ ЭКОСИСТЕМ СИСТЕМ НА БАЗЕ ИОТ НА ПРОИЗВОДСТВАХ

Каждая производственная фирма управляет различными производственными линиями, которые состоят из многих важных процессов. Определим несколько общих процессов, чтобы представить IoT системы как будущую полноправную единицу производства. Производственный контроль требует непрерывного измерения переменных среды, таких как температура и давление. Нормативные требования также делают необходимым для компании обеспечение безопасных условий труда для своих сотрудников, таких как уровень шума на рабочем месте, качество воды и т.д. В этом случае мы описываем все компоненты, процессы и конечный результат реализации систем на базе IoT и участие в этом производственных единиц для мониторинга критических процессов производства.

Датчики IoT мониторинга критических процессов

варьируются в зависимости от окружения производственных единиц, параметров, которые влияют на качество продукции и условий труда работников. Вот некоторый перечень таких приборов в экосистеме IoT:

Датчики температуры (производственного процесса),  
Датчики выбросов углерода (процесс производства, выбросы в окружающую среду),

Датчики влажности (хранение / складские условия),  
Датчики шума (условия труда работников, соблюдение правил охраны труда),

Датчики вибрации (мониторинг машин и компонент),  
Теги и метки оборудования (процесс производства, контроль за машинами и компонентами),

Датчики движения (управление ресурсами, безопасность работников),

В экосистеме IoT сегодня эти приборы подразделяются на следующие типы (это не полное описание):

Пассивные инфракрасные датчики (PIR),

Ультразвуковые датчики,

Микроволновые датчики,

Датчики движения (безопасность работников),

Датчики огня и дыма (безопасность работников, мониторинг машин).

Однако, чтобы все это согласованно и совместно работало, необходимо осуществить выбор правильной платформы IoT для преодоления существующего разрыва между устройствами датчиков и сетями передачи данных, который перекрывается с использованием платформы IoT и использованием серверных приложений для управления данными, генерируемыми сотнями и тысячами датчиков. Но выбор правильной платформы не является легким, так как есть много решений на рынке сегодня, которые часто классифицируются как платформы решений IoT.

Часть системы IoT, которая непосредственно видна пользователю - это веб-приложения для мобильных устройств. Это интеллектуальная панель, которая делает информацию очень удобной для использования. Мобильные приложения дают возможность быстрых обновлений в режиме реального времени с помощью предупреждений и уведомлений. С помощью интеллектуальных датчиков вы можете посылать команды обратно к устройствам для удаленного управления ими. Это делает такие приложения чрезвычайно легкими для применения, сохраняя политики и стандарты соответствия принятые на производствах.

#### VII ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Россия, как и весь мир, переходит в цифровое пространство промышленности и, следовательно, должна сформировать свои экосистемы на базе Интернета Вещей. Для того, чтобы это произошло, необходимо, чтобы заказчики и исполнители цифровых трансформаций имели общее понимание этих целей и задач, говорили на одном языке и были связаны понятными бизнес-экономическими задачами.

Мы предприняли попытку написать эту статью именно с этой целью. Очень важный момент – это IoT платформы. Это ключевой момент в стандартах Интернета Вещей. И именно в выборе этого элемента IoT стандартов в настоящий момент времени никакого продвижения в России нет.

#### БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Internet of Things (IoT) Market worth 661.74 Billion USD by 2021 <http://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/iot-m2m.asp>  
Retrieved: Oct, 2016.
- [2] Familiar B. *Microservices, IoT, and Azure*. – Apress, 2015.
- [3] Hu F. *Security and Privacy in Internet of Things (IoT): Models, Algorithms, and Implementations*. – CRC Press, 2016.
- [4] SAP HANA Smart Data Streaming: Developer Guide. © 2016 SAP SE or an SAP affiliate company
- [5] Rowland C. et al. *Designing Connected Products: UX for the Consumer Internet of Things*. – O'Reilly Media, Inc., 2015.
- [6] *Foundational Elements of an IoT Solution* by Joe Biron and Jonathan Follett Copyright .2016 O'Reilly Media
- [7] Perry M. *Evaluating and Choosing an IoT platform*. – 2016.
- [8] *Are Your Networks Ready for the IoT?* by Mike Barlow 2016 O'Reilly Media
- [9] *Evolving Infrastructures of the Industrial IoT* by Mike Barlow 2015 O'Reilly Media.
- [10] *Architecting for the Internet of Things* by Ryan Betts Copyright 2016 VoltDB, Inc. Published by O'Reilly Media, Inc.
- [11] *Getting Analytics Right* by Nidhi Aggarwal, Byron Berk, Gideon Goldin, Matt Holzapfel, and Eliot Knudsen 2016 Tamr, Published by O'Reilly Media, Inc
- [12] *The Definitive Guide to the Internet of Things for Business*, 2nd Edition .By Syed Zaem Hosain, CTO, Aeris 2016
- [13] *Industry 4.0 How to navigate digitization of the manufacturing sector*. McKinsey Digital 2015
- [14] *IoT: interactions between human and machine that unlock possibilities*. EY 2016
- [15] *IoT opportunities in transport and logistics* Deloitte University Press 2015
- [16] *IoT report series: Open source in the Internet of Things. Developers, tools, and strategies for open source, open hardware, and open data*. Vision Mobile. April 2016
- [17] *Internet for All. A Framework for Accelerating Internet Access and Adoption*. World Economic Forum 2016
- [18] *THE INTERNET OF THINGS: SEIZING THE BENEFITS AND ADDRESSING THE CHALLENGES*. Background report for Ministerial Panel 2.2 [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DSTI/ICCP/CISP\(2015\)3/FINAL&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DSTI/ICCP/CISP(2015)3/FINAL&docLanguage=En) Retrieved: Oct, 2016
- [19] *OECD 2016 Ministerial Meeting on The Digital Economy: Innovation, Growth and Social Prosperity* <http://www.internetsociety.org/doc/oecd-2016-ministerial-meeting-digital-economy-background-paper> Retrieved: Oct, 2016
- [20] Куприяновский В. П. и др. *Цифровая экономика-«Умный способ работать»* //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 2. - С.26-33.
- [21] Куприяновский В. П., Намиот Д. Е., Снягов С. А. *Кибер-физические системы как основа цифровой экономики* //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 2. - С.18-25.
- [22] Куприяновский В. П. и др. *Цифровая экономика и Интернет Вещей–преодоление силоса данных* //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 8. - С.36-42.
- [23] *10 Ways Machine Learning Is Revolutionizing Manufacturing* <http://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2016/06/26/10-ways-machine-learning-is-revolutionizing-manufacturing/#57d0ec792d7f>  
Retrieved: Oct, 2016
- [24] Gubbi J. et al. *Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions* //Future Generation Computer Systems. – 2013. – Т. 29. – №. 7. – С. 1645-1660.

# Internet of Things in industrial plants

Vasily Kupriyanovsky, Dmitry Namiot, Vladimir Drozhzhinov, Julia Kupriyanovsky, Maxim Ivanov

*Abstract*— The article deals with issues related to the use of the Internet of Things technology in the industry. This article discusses the reasons for the use of the Internet of Things in enterprises, provides the examples of calculation of economic efficiency of implementation. Much attention is paid to specific models of application of the Internet of Things. The article discusses the architecture of the Internet of Things applications in industrial plants. The paper shows the determining role of the Internet of Things platform. This platform provides data collection and analysis, which are the keys to modern automation in industrial applications. And this platform is the main subject of standardization in this area. The paper also examines the importance of cloud computing to collect and analyze data in the Internet of Things applications.

*Keywords*—Internet of things, IoT, M2M