

ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ IoT: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

П. Чачин

УДК 004.7
БАК 05.13.00

Интернет вещей (Internet of Things, IoT) – концепция, все в большей мере охватывающая практически все аспекты нашей жизни, включая, безусловно, и промышленность. Индустриальный (также называемый промышленным) Интернет вещей (Industrial IoT, IIoT) – инфраструктура, объединяющая промышленные объекты и обеспечивающая обмен данными и взаимодействие между ними – не только открывает удивительные перспективы для автоматизации и оптимизации производственных процессов, образуя основу "умных производств", но и сможет кардинально изменить модели взаимодействия "поставщик – потребитель".

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ – ОСНОВА ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА

Промышленный сектор является основой экономического роста в любой стране. Развитие промышленности сопровождается ростом научной и исследовательской деятельности, способствует формированию базы новых знаний и новых индустрий, созданию инноваций и изобретений внутри страны.

Появление интеллектуалоемких продуктов мирового уровня, раннее тестирование и апробирование разработок, их быстрая коммерциализация и внедрение способны обеспечить создание конкурентоспособных национальных продуктов, а с учетом экспортного потенциала – мировое лидерство данной продукции. В достижение своего превосходства в производственной сфере и технологиях, наукоемких отраслях, инновациях и НИОКР крупнейшие экономики мира инвестируют значительные средства.

Мировая промышленность сегодня стоит на пороге четвертой технологической революции, с которой связывают возможности кардинальной модернизации производства и экономики, а также появление таких явлений, как: цифровое производство, экономика "совместного использования" (shared economy), коллективное потребление, "уберизация" экономики, модель облачных вычислений, распределенные сети, сетевая

модель управления, децентрализация управления и т.д. Технологической основой для перехода к новой экономической парадигме является Интернет вещей.

Здесь уместно напомнить определения таких понятий, как Интернет, Интернет вещей и индустриальный IoT [1]. Интернет – глобальная система объединенных компьютерных сетей для хранения и передачи информации. Это сеть сетей – частных, публичных, образовательных, бизнес и государственных, локального и глобального масштаба, объединенных через интернет-протокол TCP/IP с широким спектром электронных, беспроводных, оптических сетевых технологий.

Интернет вещей – система объединенных компьютерных сетей и подключенных физических объектов (вещей) со встроенными датчиками и ПО для сбора и обмена данными, с возможностью удаленного контроля и управления в автоматизированном режиме, без участия человека. По оценке зарубежных идеологов данной концепции, Интернет вещей способен революционизировать наше общение с физическим миром аналогично тому, как Интернет изменил личное общение [2].

Сегодня принято различать потребительский и корпоративный сегменты IoT [1]. В потребительский (массовый) сегмент применения IoT входят персональные подключенные устройства (смарт-часы, различного

рода трекеры, подключенные автомобили, устройства "умного дома" и т.д.).

В корпоративный или бизнес-сегмент входят отраслевые вертикали и межотраслевые рынки – промышленность, транспорт, сельское хозяйство, энергетика (Smart Grid), "умный город" (Smart City) и др. Интернет вещей в корпоративном сегменте называют индустриальным или промышленным, однако некоторые авторы промышленный Интернет вещей определяют более узко – как применение IoT в промышленном производстве.

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.

Четвертая промышленная революция ("Индустрия 4.0") – переход на полностью автоматизированное цифровое производство, управляемое интеллектуальными системами в режиме реального времени в постоянном взаимодействии с внешней средой, выходящее за границы одного предприятия, с перспективой

объединения в глобальную промышленную сеть вещей и услуг.

В широком смысле "Индустрия 4.0" характеризует текущий тренд развития автоматизации и обмена данными, который включает в себя киберфизические системы, Интернет вещей и облачные вычисления. Она представляет собой новый уровень организации производства и управления цепочкой создания стоимости на протяжении всего жизненного цикла выпускаемой продукции.

Развитие Интернета, ИКТ, устойчивых каналов связи, облачных технологий и цифровых платформ, а также информационный "взрыв", вырвавшийся из разных каналов данных, обеспечили появление открытых информационных систем и глобальных промышленных сетей (выходящих за границы отдельного предприятия и взаимодействующих между собой), которые оказывают преобразующее воздействие на все сектора современной экономики и бизнеса за пределами самого сектора ИКТ и переводят промышленную автоматизацию на новую четвертую ступень индустриализации.

"Индустрия 4.0", технологической основой которой является Интернет вещей, – это совершенно новая форма организации труда и бизнес-моделей оказания услуг, говорится в отчете J'son & Partners Consulting [1].

ГЛОБАЛЬНЫЙ РЫНОК ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В ОТРАСЛЕВОМ РАЗРЕЗЕ

Аналитики многих международных консалтинговых агентств предполагают широкое применение концепции Интернета вещей в различных отраслях экономики. В частности, компания Ovum прогнозирует, что общий объем соединенных устройств, применяемых в различных сегментах мировой экономики, достигнет около 530 млн шт. в 2019 году (рис.1), при этом наибольшее число таких устройств будет в сфере энергетики и ЖКХ, на транспорте, в промышленности, здравоохранении и торговле.

Ключевым драйвером роста, говорится в отчете J'son & Partners Consulting, станет продолжающееся снижение стоимости сенсоров и оборудования, услуг связи, обработки данных и системной интеграции, с одной стороны, и снижение издержек и повышение выручки предприятий, которые внедряют инновационные решения, с другой стороны.

По оценкам GE, к 2020 году совокупный оборот на рынке промышленного Интернета вещей достигнет 225 млрд долл. Для сравнения: в сегменте потребительского Интернета вещей, о котором говорят гораздо больше, соответствующий показатель составит всего 170 млрд долл.

По мнению агентства Machina Research и компании Nokia, доходы глобального рынка индустриального Интернета вещей достигнут в 2025 году 484 млрд евро, а основными отраслями внедрения станут транспорт, промышленность, ЖКХ, здравоохранение и применения для "умного дома" (рис.2).

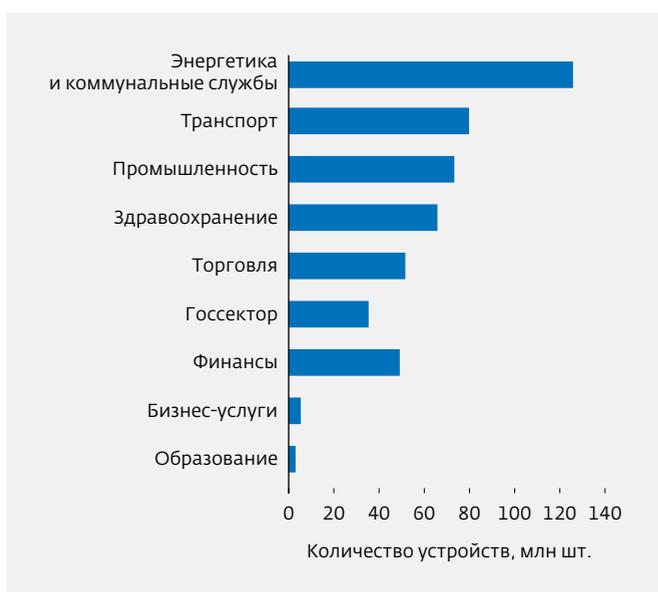


Рис.1. Число соединенных устройств по основным отраслям экономики в мире в 2019 году. *Источник: Ovum, Machina Research, Nokia, 2016*

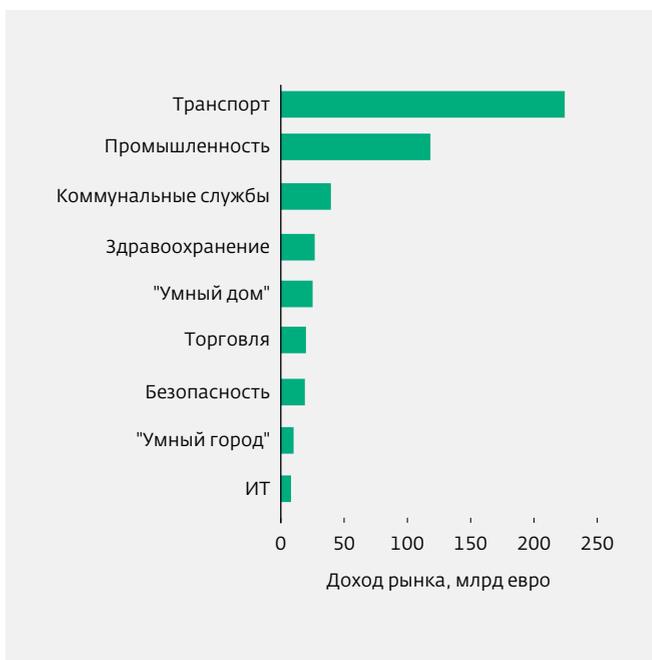


Рис.2. Доходы рынка Интернета вещей по основным отраслям экономики в мире в 2025 году. *Источник: Ovum, Machina Research, Nokia, 2016*

ТИПОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТОВ IIoT И ПРИОРИТЕТНЫЕ ОТРАСЛИ ВНЕДРЕНИЯ ТАКИХ РЕШЕНИЙ

Обобщение результатов, проанализированных в ходе исследований проектов индустриального Интернета вещей, показывает, что важным достигаемым результатом его внедрения является возможность кардинального изменения всей экономической модели взаимодействия "поставщик – потребитель".

Во-первых, применение датчиков контроля работы оборудования с выходом в Сеть позволяет производителю техники удаленно контролировать ее эксплуатацию, своевременно проводить регламентные работы, предсказывать аварии и проводить плано-предупредительный ремонт или заранее подготовить необходимые детали на замену и т.п. Таким образом, мы говорим о том, что индустриальный Интернет вещей является эффективным инструментом управления жизненным циклом продукции.

Во-вторых, знание о фактической и планируемой загрузке производственного оборудования, соединенного с Сетью, позволяет организовать автоматическую сеть заказов между различными производствами в длинной цепочке от поставщиков материалов до потребителей конечной продукции. Это достигается путем подключения всех производственных площадок к единой программной платформе, причем ее участниками могут являться юридически разные компании.

Такая модель кардинально оптимизирует транзакционные издержки в кооперационных цепочках, которые приобретают качество самооптимизирующихся.

В-третьих, это касается перехода от модели продажи устройств и оборудования, измеряемых количеством поставленного оборудования, к модели продажи функционала (результатов использования) устройств и оборудования "по требованию". Например, когда компания продает не просто компрессоры, а сжатый воздух с четко определенными и гарантированными параметрами.

Анализ лучших мировых практик показывает, что основными сферами применения решений в области промышленного Интернета вещей являются производства, характеризующиеся наличием одного либо нескольких следующих важных условий:

- выпуск широкой номенклатуры продукции, использование значительного перечня комплектующих;
- потребность в повышении качества выпускаемой продукции и снижении степени брака;
- потребность в обеспечении эффективного сервисного обслуживания ранее поставленной продукции;
- потребность в снижении эксплуатационных затрат производства;
- потребность в оперативной диагностике неисправностей технологического оборудования для снижения незапланированных остановок производства;
- потребность в обеспечении высокой производительности персонала;
- потребность в обеспечении безопасности персонала;
- необходимость системной интеграции широкого спектра различного технологического оборудования разных производителей в единый производственный комплекс.

СДЕРЖИВАЮЩИЕ ФАКТОРЫ И ТРЕБОВАНИЯ К РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ IIoT В РОССИИ

Индустриальный IIoT начинается с экосистемы и партнерства. Для реализации проектов в сфере Интернета вещей необходимо формирование целой экосистемы, включающей доступность в России IIoT-платформы для сбора, хранения и обработки данных, как глобальных, так и национальных; наличие обширного пула разработчиков приложений для платформ IIoT.

Также требуются достаточное количество и обширная номенклатура так называемых "подключенных устройств", способных взаимодействовать с IIoT-платформами, наличие предприятий и бизнеса в целом, организационная модель которых позволяет проведение трансформации, и т.д.

Если IIoT-платформы уже доступны в России, то с разработкой прикладных сервисов и, самое главное, организационной готовностью потенциальных заказчиков пока связаны основные сложности. В то же время отсутствие

хотя бы одной из указанных составляющих делает переход на технологии Интернета вещей невозможным.

Очень важна государственная поддержка. Внедрение проектов Интернета вещей в мире активно поддерживается государством в виде прямого государственного финансирования; государственно-частного финансирования совместно с крупнейшими игроками; формируются рабочие и проектные группы из представителей отрасли, научно-исследовательских учреждений.

При этом создаются тестовые зоны и предоставляется инфраструктура для совместного использования; организируются конкурсы и хакатоны по созданию приложений и разработок; поддерживаются пилотные проекты; финансируются исследования и разработки по различным направлениям внедрения (искусственный интеллект, информационные системы управления, безопасность, сетевое взаимодействие и т.д.).

Новые, опережающие рынок технологические внедрения, неизбежно сталкиваются с ограничениями действующей нормативно-правовой базы во всем мире. Возникают ситуации неопределенности в отношении законности новой технологии, извлечения данных, защиты информации и т.д. При этом влияние новых технологий и бизнес-моделей оказывается настолько велико, что становится практически невозможно соблюдать действующее законодательство и возникает "дефицит правоприменения", говорится в отчете J'son & Partners Consulting [1].

Интернет вещей является неизведанной территорией и привносит особенно сложные вопросы взаимодействия различных участников экосистемы между собой, совместного использования ресурсов и информации; сложность вызывают договорные отношения между партнерами, вопросы идентификации, прав на интеллектуальную собственность и пиратства в области технологий, вопросы защиты критической инфраструктуры, данных, кибербезопасности, а также вопросы таможенного регулирования в рамках формирования глобальных промышленных сетей.

И, наконец, стандарты. В реализации проектов Интернета вещей важна координация всех участников экосистемы для согласования единых стандартов и требований к продукту, безопасности, бизнес-процессам. Вопросы стандартизации и безопасности должны быть частью всего производственного цикла, начиная от исследований и разработки дизайна, до производства и эксплуатации, чтобы гарантировать возможность применения продукции в различных компаниях и отраслях и совместимость с различными ИТ-системами.

В противном случае переоборудование и модификация изделий или доработка ПО в случае несоответствия утвержденным стандартам или обнаружения ошибок в обеспечении безопасности может значительно увеличить стоимость и замедлить внедрение новых услуг.

ПРИМЕНЕНИЕ МИРОВОЙ ПРАКТИКИ В РЕАЛИЗАЦИИ IIoT-ПРОЕКТОВ В РОССИИ

Технологические системы и оборудование промышленно развитых стран становятся интеллектуальными и объединенными. Предприятия интегрируются в глобальные промышленные сети для объединения сети производственных ресурсов и глобальных приложений.

В связи с этим для отечественной промышленности открываются как новые возможности, так и дополнительные угрозы: к кратному отставанию по производительности труда и качеству производимой продукции может добавиться отставание в переходе на новые принципы взаимодействия в цепочке "поставщик – потребитель".

Это может привести к принципиальной невозможности конкурировать с ведущими международными промышленными концернами как по себестоимости продукции, так и по скорости исполнения заказов, считают эксперты J'son & Partners Consulting [1].

Основным вызовом в среднесрочной перспективе в случае непринятия адекватных мер для России является угроза утраты конкурентоспособности на мировой арене и увеличение разрыва по показателю производительности труда от США с четырехкратного в 2015 году до более чем десятикратного в 2023 году; в долгосрочной перспективе – возникновение практически непреодолимого технологического барьера между Россией и ведущими технологическими державами, делающими ставку на внедрение высокоэффективных технологий и сервисных моделей развертывания, совместную эксплуатацию ИКТ-инфраструктуры и программных приложений, таких как виртуализация сетевых функций и автоматическое программное управление ими. Это может привести к технологической изоляции и деградации России.

В оптимистичном сценарии появление и ускоренное внедрение принципиально новых сервисных и бизнес-моделей в идеологии IIoT с учетом государственной поддержки (сквозного включения проектов в государственные приоритеты и программы) и в сопровождении НИОКР, а также возможность создания открытой конкурентной экономики техническими средствами, опирающимися на принципиальное изменение роли ИКТ в управлении производственными предприятиями, будут являться ключевой точкой роста промышленности и экономики России на три ближайших и последующие годы, отмечают аналитики J'son & Partners Consulting [1].

Очевидно, экономический кризис будет подталкивать российский бизнес к реализации проектов повышения эффективности. Если учесть, что переход на использование IIoT-модели позволяет повысить эффективность, то, вероятно, уже в этом году мы увидим не единичные "истории успеха" новых IIoT-проектов в России.

Внедрение IIoT в большой степени зависит от развития микроэлектроники. "Производственный Интернет вещей будет являться массовым и сможет создать достаточно большой новый рынок, – утверждает Гульнара Хасьянова, генеральный директор ПАО "Микрон". – Если мы посмотрим на отрасль микроэлектроники в мировом ее масштабе, то мы увидим, что прогнозы аналитиков говорят, что следующий рост выручки всех микроэлектронных компаний в мире будет основан именно на разработках, связанных с Интернетом вещей, – это больше 100 млрд долл. в следующем пятилетнем прогнозе".

Если сравнить с предыдущими двумя революциями: с появлением мобильных телефонов и с появлением смартфонов и планшетов, то очевидно, что этот рост коррелирует с такими же значениями предыдущих двух эпох и опирается на индустриальную инфраструктуру, сквозную автоматизацию производственных процессов, информатизацию экономики и т.д.

"В Интернете вещей нет проектов чисто по микроэлектронике, это также и аналитика больших данных, коммуникационная инфраструктура, интеграция с корпоративными системами, ERP и т.д., – добавляет Г.Хасьянова. – То есть это более сложные решения. Поэтому нужно искать способ продавать вертикальные решения и закрывать весь проект сразу. Сложность рынка Интернета вещей как раз заключается в том, что большому числу различных участников нужно объединить усилия для продажи единого конечного продукта" [3].

Проекты IIoT реализуются либо запланированы к реализации практически всеми ведущими мировыми игроками в широком спектре отраслей. При этом в России особое внимание внедрению указанных технологий уделяется в таких ключевых для страны отраслях, как телекоммуникации, электронная промышленность, металлургия, машиностроение, энергетика, нефтегазовый сектор и транспорт.

СОЗДАНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ IIoT В РОССИИ

"За прошедший год в РФ произошли кардинальные изменения как на государственном, так и на техническом уровнях, – говорит Алексей Милославский, президент группы компаний "ЕвроМобайл". – На государственном уровне развитие Интернета вещей вошло в общую концепцию построения цифровой экономики, устранения цифрового неравенства, запуска систем ЭРА-ГЛОНАСС и "Платон" [2, 4].

В стране начала возникать экосистема Интернета вещей – деловая среда, поддерживающая развитие IIoT: работают профессиональные ассоциации, создаются технические комитеты по разработке национальных стандартов, проводятся научные конференции, издаются книги по данной тематике, организуются профильные экспозиции и т.д.

В числе профессиональных IoT-объединений можно назвать Ассоциацию участников рынка Интернета вещей (АИВ), Национальную ассоциацию участников рынка промышленного Интернета (НАПИ), Ассоциацию содействия развитию и стандартизации систем управления на основе индустриального интернета "Национальная платформа промышленной автоматизации" (НППА) и др. [5, 6, 7].

Важными направлениями деятельности такой ассоциации, как НППА, станут выработка стандартов в области безопасности индустриального Интернета вещей и обеспечение защиты промышленных объектов средствами российского производства, а также участие в международных отраслевых организациях и проектах.

Работа в рамках ассоциации также будет способствовать разработке и производству компонентов для НППА, созданию российского системного ПО с открытым кодом, миграции на отечественную элементную базу и обеспечению устойчивости промышленных систем к кибервоздействию.

"Необходимо формировать на федеральном уровне такую политику, чтобы предоставить российским игрокам рынка систем промышленной автоматизации равные налоговые и таможенные условия в сравнении с ближайшими конкурентами, например, из Казахстана и Китая, – сказал Алексей Черников, директор ООО "Предприятие "Элтекс", входящего в НППА. – Пока же на своей территории мы находимся в заведомо неконкурентных условиях".

Некоторые ассоциации уже начали активную работу с зарубежными партнерами с целью адаптации западных моделей IoT к российским условиям. В частности, в этом году НАПИ заключила два важных соглашения – с международным Консорциумом промышленного Интернета (Industrial Internet Consortium, IIC) и с международной аналитической компанией PricewaterhouseCoopers (PwC).

В рамках соглашения с IIC организации договорились об обмене опытом и информацией, реализации совместных проектов и объединении усилий по развитию рынка промышленного Интернета вещей. Основной задачей ближайшего года сотрудничества является изучение опыта успешных внедрений решений индустриального Интернета вещей в мире и локализация этих решений в России.

Сотрудничество с IIC предоставит участникам НАПИ возможность доступа к зарубежным практикам разработки решений и внедрения проектов, в основе которых лежат технологии индустриального Интернета вещей, а также позволит при поддержке ассоциации осуществить запуск тест-бедов и пилотных проектов на территории России.

PwC и НАПИ подписали соглашение о партнерстве с целью формирования и развития отрасли промышленного Интернета вещей в Российской Федерации. Партнерство с PwC позволит ассоциации и ее участникам привлечь передовой зарубежный опыт и экспертизу для повышения эффективности отечественных предприятий за счет применения технологий промышленного Интернета вещей.

Между тем назрела необходимость активизировать разработку национальных стандартов для IoT в России. Стандартизацией для IoT на международном уровне занимаются такие мировые структуры, как Международная организация по стандартизации (ИСО/ISO) совместно с Международной электротехнической комиссией (МЭК/IEC) и Международный союз электросвязи (МСЭ/ITU) [8].

В России тоже формируется структура, имеющая отношение к данной тематике. Разработка стандартов происходит на уровне рабочих органов Минкомсвязи и Регионального содружества в области связи (РСС) по стандартизации. В печати упоминался подкомитет ПК141/TK22 "Информационные технологии для Интернета вещей" в техническом комитете ТК22 "Информационные технологии". Кроме того, сообщалось, что при Росстандарте образован Технический комитет 194 "Кибер-физические системы" (Интернет вещей, Большие данные, "умное производство", "умные города").

Сейчас ведется проработка отечественных стандартов на основе рекомендаций ИСО/МЭК 30141 "Интернет вещей. Эталонная архитектура" и ИСО/МЭК 20924 "Информационные технологии. Интернет вещей (IoT). Термины и определения".

Помимо международных стандартов, по которым Россия взаимодействует с другими организациями в рамках МСЭ, а также ИСО/МЭК, есть и второй тип стандартов: решения, которые предлагаются в качестве потенциальных стандартов отечественными компаниями, реализовавшими их в своих продуктах.

В частности, в июне АИВ внесла в Росстандарт проект нового стандарта связи для Интернета вещей NarrowBand Fidelity (NB-FI). Устройства NB-FI будут работать в узкополосном спектре в диапазоне частот 868 МГц. Сейчас этот диапазон в России и Европе свободен. Разрешений и лицензий для работы в нем не требуется.

"Введение единых стандартов в области производства и эксплуатации оборудования индустриального Интернета, обеспечение его защиты силами российских разработчиков даст уверенность в отказоустойчивости и безопасности промышленных объектов, – сказала президент ГК InfoWatch Наталья Касперская. – Такую работу нужно вести не только в нашей стране, но и на международном уровне, это общемировая проблема".

ПЕРВУЮ В РОССИИ "УМНУЮ ФАБРИКУ" ДОЛЖНЫ ЗАПУСТИТЬ ДО КОНЦА ЭТОГО ГОДА

Год назад в Екатеринбурге в рамках VII Международной промышленной выставки "ИННОПРОМ-2016" состоялось заседание Координационного совета по промышленности при Минпромторге РФ, посвященное развитию промышленного Интернета вещей. На нем обсуждались перспективы создания в России нового рынка, основанного на технологиях промышленного Интернета вещей.

На заседании отмечалось, что уже создана достаточная база для вычислений и хранения больших данных, имеются достойные программные пакеты, суперкомпьютерные решения и решения в области "умных" электросетей, на корпоративном уровне используются технологии так называемого межмашинного взаимодействия, а наличие системы ГЛОНАСС создает фундамент для развития геоинформационных бизнес-сервисов [9].

Реализация пилотных проектов по внедрению технологий промышленного Интернета вещей была запланирована уже в 2016 году. Но на этом пути возникли определенные трудности, и сегодня из всех проектов, анонсированных на Координационном совете, похоже, на плаву остался только один. Речь идет о рыбинском предприятии "ОДК-Сатурн", входящем в Объединенную двигателестроительную корпорацию (ОДК).

До конца года на нем планируется запустить первую в России "умную фабрику". На предприятии будет создан испытательный полигон для отработки инновационных производственных технологий, которые впоследствии позволят перейти к новой модели организации производства.

Этот полигон станет первой в России площадкой по воплощению отечественных идей и наработок "Индустрии 4.0" в условиях реального производства. Решения российских ИТ-разработчиков в рамках полигона могут быть применены для изготовления сложных деталей, например для авиадвигателей.

При этом полигон будет кардинально отличаться от модели технопарка, когда разработчики отделены от производства. Впервые участникам для совместного использования будет предоставлена уникальная инфраструктура в Рыбинске, включая высокопрофессиональный трудовой коллектив.

Ориентировочная стоимость проекта создания испытательного полигона составляет около 7 млрд руб. Ожидается, что в течение первых трех лет на полигоне будут доведены до промышленного использования около 20 ключевых технологий. В случае успешных испытаний и доработки проектов "ОДК-Сатурн" планирует рассматривать варианты по покупке этих технологических решений.

"Запуск прорывных проектов, таких как полигон "ОДК-Сатурн" "умная фабрика", на которых будут

разрабатываться и адаптироваться под массовый выпуск прототипы высокотехнологичных решений, является точкой входа на новые рынки "умной" гражданской продукции", – заявил гендиректор "Ростеха" Сергей Чemezov.

Он отметил, что в промышленности драйвером цифрового развития является концепция "Индустрия 4.0" и "умная фабрика" как технологическое ядро "Индустрии 4.0".

Все звенья "умной фабрики" будут предельно автоматизированы. Это будет предприятие-трансформер, производственные линии которого способны быстро обновляться и перестраиваться. При этом все подсистемы управляются автономной системой благодаря промышленному Интернету вещей. Объектом управления становится весь жизненный цикл изделия (PLM-управление), включая интеграцию с логистикой, сервисными центрами и получение обратной связи [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет J'son & Partners Consulting: Индустриальный (Промышленный) Интернет Вещей в мире и перспективы развития в России / сентябрь 2016, http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/mirovoy-opyt-vnedreniya-proektov-v-sfere-industrialnogo-promyshlennogo-interneta-veschey-i-perspektivy-ih-realizatsii-v-rossii--20160919061924
2. **Чачин П.** Интернет вещей укрепляет позиции на российском рынке // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2017. № 5. С. 142–149.
3. Отчет J'son & Partners Consulting: Кейсы внедрения проектов Индустриального (Промышленного) Интернета вещей в мире / декабрь 2016, http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/mirovoy-opyt-vnedreniya-proektov-v-sfere-industrialnogo-promyshlennogo-interneta-veschey-primery-keysov-vnedreniya--20161205034657
4. "Эксперты: Интернету вещей необходима стандартизация", <https://iot.ru/promyshlennost/eksperty-internetu-veshchey-neobkhodima-standartizatsiya>
5. <https://iotas.ru>
6. <http://www.iotunion.ru>
7. <http://nppa.ru>
8. **Чачин П.** IoT внедряется в ЖКХ // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2017. № 6. С. 138–142.
9. Промышленный Интернет – долгосрочная перспектива развития, 13 июля 2016, <http://minpromtorg.gov.ru/press-centre/news/#!12759>
10. Ростех запустит первую в России "умную фабрику" до конца года, 28 июня 2017 г., <http://rostec.ru/news/4520584>
11. **Грингард С.** Интернет вещей: будущее уже здесь / Пер. с англ. – М.: Изд. группа "Точка", Альпина Паблишер, 2017.