

# ЧТО ПЛАТФОРМЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ АНАЛИТИКИ СУЛЯТ ПРОИЗВОДИТЕЛЯМ

ШИ-ВАН ЛИНЬ (SHI-WAN LIN)

АЛЕКСАНДР ЛУКИЧЕВ (ALEXANDER LUKICHEV)

Промышленная аналитика, лежащая в основе перехода к промышленному «Интернету вещей» (Industrial Internet of Things, IIoT), — это механизм, который превращает собранные с технологического оборудования данные в практически применимую информацию: он служит движущим звеном интеллектуального промышленного производства и бизнес-процессов. Как на дискретном, так и на процессном производстве платформа промышленной аналитики может стать хорошим фундаментом для этого мощного механизма, облегчая конвергенцию технологий управления производством с информационными технологиями (IT) за счет адаптации необходимых информационных технологий и внедрения технических новшеств в соответствии с требованиями производства.

Замысел IIoT состоит в том, чтобы соединить технологическое оборудование и системы управления производством (ICS) с информационными системами предприятия, бизнес-процессами и людьми. Применяя методы и средства аналитики к большому объему данных, собранных с объединенного в сеть технологического оборудования, мы получаем информацию о функционировании производства, которую затем можем использовать для интеллектуального управления работой оборудования и бизнес-процессами. Данные, аналитика и приложения — это ключевые составляющие жизненных циклов интеллектуального производства, в ходе которых данные превращаются в информацию, а информация — в действия (рис. 1). Эти компоненты присутствуют в циклах коммерческой деятельности, производственной деятельности и управления технологическими процессами. Именно аналитика, являясь двигателем каждого из этих циклов, работает на создание добавленной стоимости в сфере IIoT.

## ЦЕННОСТЬ АНАЛИТИКИ

Технологическое оборудование типичного современного промышленно-производственного предприятия описывается как совокупность цифровых систем автома-

тизированного управления, построенных на базе микроконтроллеров и программируемых логических контроллеров (ПЛК). Многие из них, являясь объектами дистанционного контроля и управления, подключены к системам диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) или распределенным системам управления (DCS).

---

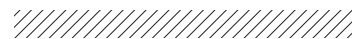
«Суть традиционного статистического анализа данных с технологического оборудования — это обобщение результатов во временном, пространственном и логическом аспектах»

---

Состояние оборудования контролируют операторы, иногда при помощи простых аналитических алгоритмов, например оповещений о выходе за установленные предельные значения. В большинстве этих систем не применяются разработанные в последнее десятилетие передовые средства и методы аналитики. С другой стороны, в составе этих систем управления производством имеется множество датчиков, и они наделены широкими возможностями сбора данных,

которые позволяют извлекать массу разнообразной информации об их рабочем состоянии в каждый конкретный момент времени. В этих данных кроется немалая выгода. Подключив к SCADA- и DCS-системам технологическое оборудование, можно собирать с него данные и применять к этим данным передовые средства и методы аналитики, чтобы извлекать из них ценную информацию о работе оборудования. Это позволит:

- выявлять аномалии, диагностировать неисправности, рассылать оповещения и определять меры по скорейшему устранению отказов технологического оборудования, тем самым сокращая простои;
- вести интеллектуальный мониторинг типичных моделей использования технологического оборудования для оптимизации планов работ и повышения коэффициента использования;
- совершенствовать управление качеством и увязывать его с метриками технологических процессов для оптимизации рабочих параметров;
- прогнозировать потребность в обслуживании, с тем чтобы заблаговременно ремонтировать технологическое оборудование, не дожидаясь его внезапных поломок, и тем самым избегать перебо-



ев в работе и ненужных операций по текущему обслуживанию;

- выявлять и устранять типичные модели нерационального расхода энергии и материалов;
- оптимизировать парк технологического оборудования, динамически настраивая уровни функционирования отдельных устройств в зависимости от имеющихся ресурсов, эксплуатационных затрат и производственных потребностей.

Интеграция с информационными системами предприятия позволяет свести воедино результаты бизнес-анализа и анализа данных с технологического оборудования, чтобы затем на их основе совершенствовать бизнес-процессы и планирование в цепочках поставок, планирование ресурсов, планирование работ, управление взаимоотношениями с клиентами, а также техническое проектирование и процессы разработки. Все это способствует росту производительности труда и эффективности производства, улучшению взаимодействия с клиентами, повышению безопасности на предприятии и даже появлению новых приложений, товаров и услуг. В конечном счете это повышает конкурентоспособность и стоимость бизнеса, а так-

же может привести к его переходу в новое качество.

Использование аналитики в производственной среде снизит зависимость от операторов, которые должны выявлять закономерности и аномалии в данных, и уменьшит соответствующую операторскую нагрузку. С помощью технических решений на базе передовых аналитических методов и алгоритмов можно эффективнее, а зачастую и надежнее отслеживать и находить закономерности в поступающих в потоковом режиме. В особенности это справедливо для распознавания сложных образов, при котором требуется сопоставлять многомерные данные на длительных промежутках времени.

Такие образы (закономерности) могут плохо поддаваться зрительному распознаванию. При использовании новейших технологий машинного обучения аналитические модели даже могут самосовершенствоваться за счет накопленного опыта. По сути, аналитические платформы позволяют автоматизировать круглосуточный мониторинг оборудования. Информирование операторов путем оповещений производится только при обнаружении каких-то важных закономерностей, особенно тех, которые требуют вмешательства человека. В результате на операторов

возлагается ответственность за общее управление процессом, а также мониторинг качества и производительности труда, а от выполнения повторяющихся задач они освобождаются.

## ТРЕБОВАНИЯ К АНАЛИТИКЕ

Чтобы отвечать требованиям производственных отраслей, промышленное аналитическое решение должно продемонстрировать ряд важных качеств. Первое из них — правильность результатов анализа и соблюдение принципа «не навреди». Для этого необходимы мощная аналитика и эффективные предохранительные механизмы в ее приложениях. Кроме того, должна быть обеспечена возможность непрерывного анализа. Но это зачастую требует передачи значительных объемов данных из места сбора в место анализа (принятия решений).

Поэтому аналитическое решение должно допускать распределенное развертывание по периметру — будь то в установленных рядом с оборудованием IoT-шлюзах, в серверном кластере на производственном объекте, в удаленном центре обработки данных (ЦОД) или в облаке. В зависимости от состава и назначения анализируемых данных может потребоваться развертывание на различных

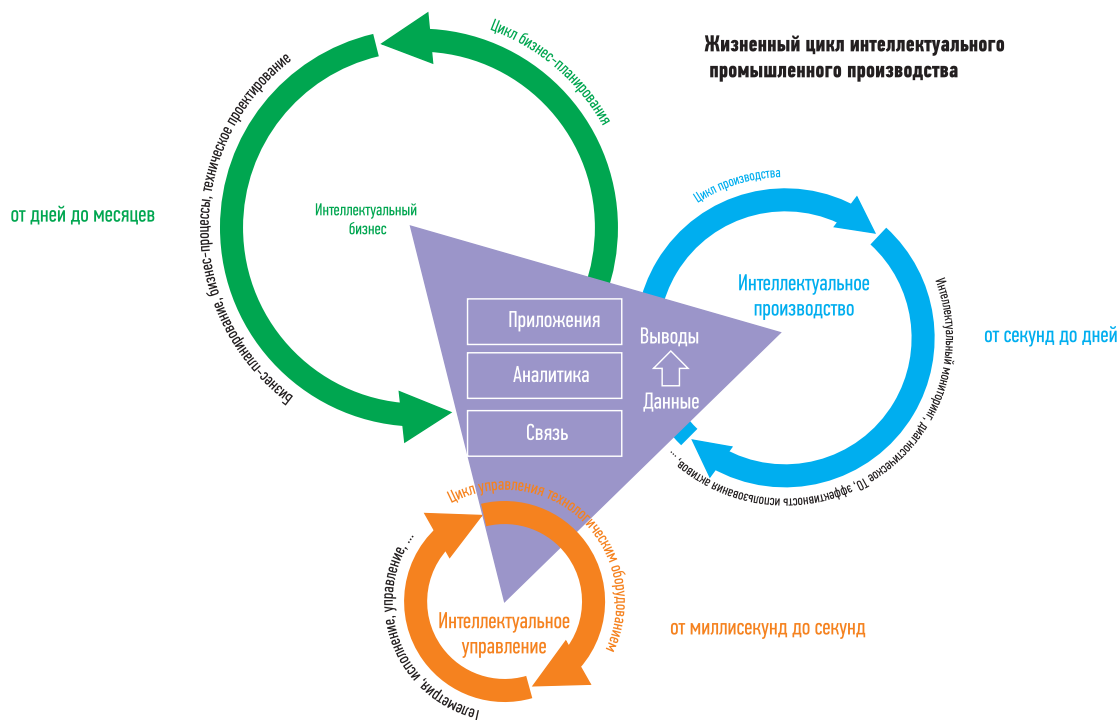


РИС. 1. ►

Аналитика — двигатель каждого из интеллектуальных циклов, работающий на создание добавленной стоимости в сфере IIoT. (Публикуется с разрешения Thingswise)

уровнях. Например, возможно, что сравнительный анализ показателей работы нескольких заводов лучше всего производить в ЦОД предприятия, а анализ для целей местного диспетчерского контроля — по периметру, чтобы повысить надежность, уменьшить задержку, сократить объемы передаваемых данных и улучшить контроль над ними.

Еще одна характеристика аналитического решения, которой нередко пренебрегают, — это общая сложность. Решение должно быть простым в наладке, настройке и обслуживании. Упрощение внедрения и эксплуатации системы помогает быстрее добиться положительных результатов от внедрения IIoT за счет уменьшения затрат на разработку и сопутствующих рисков, а также сокращения сроков окупаемости.

### ПЛАТФОРМА ПРОМЫШЛЕННОЙ АНАЛИТИКИ

В сравнении с полностью индивидуальным решением платформа промышленной аналитики дает возможность упростить и оптимизировать внедрение IIoT-систем, сделав их эффективными, надежными и масштабируемыми. Она позволяет использовать машинное обучение, «большие данные», облачные вычисления и другие новейшие технологии без необходимости непосредственно

сталкиваться со всеми присущими им сложностями и обладать высокой квалификацией в соответствующих областях.

Чтобы отвечать описанным выше требованиям, платформа промышленной аналитики должна обеспечить следующее:

- потоковую аналитику для генерации непрерывных информационных потоков по данным с технологического оборудования почти в реальном времени;
- распределенную аналитику в облаке, по периметру заводского цеха и в IIoT-шлюзах для обработки данных;
- практическую аналитику для превращения данных в информацию, а информации — в действия;
- мультимодальную аналитику с многомерным статистическим агрегированием, обработкой сложных событий (СЕР) и распознаванием образов на основе машинного обучения для эффективного анализа функционирования отдельных производственных средств, а также групп устройств;
- гибкую организацию потоков данных для адаптации протоколов, нормализации данных, проверки корректности и фильтрации данных на основе политик, преобразования и обогащения данных в целях облегчения интеграции;

- простую индивидуализацию с возможностью настройки внедрения, обработки и анализа данных без программирования;
- информационную безопасность, обеспеченную тщательным соблюдением рекомендаций по защите информации при проектировании, реализации и проверке.

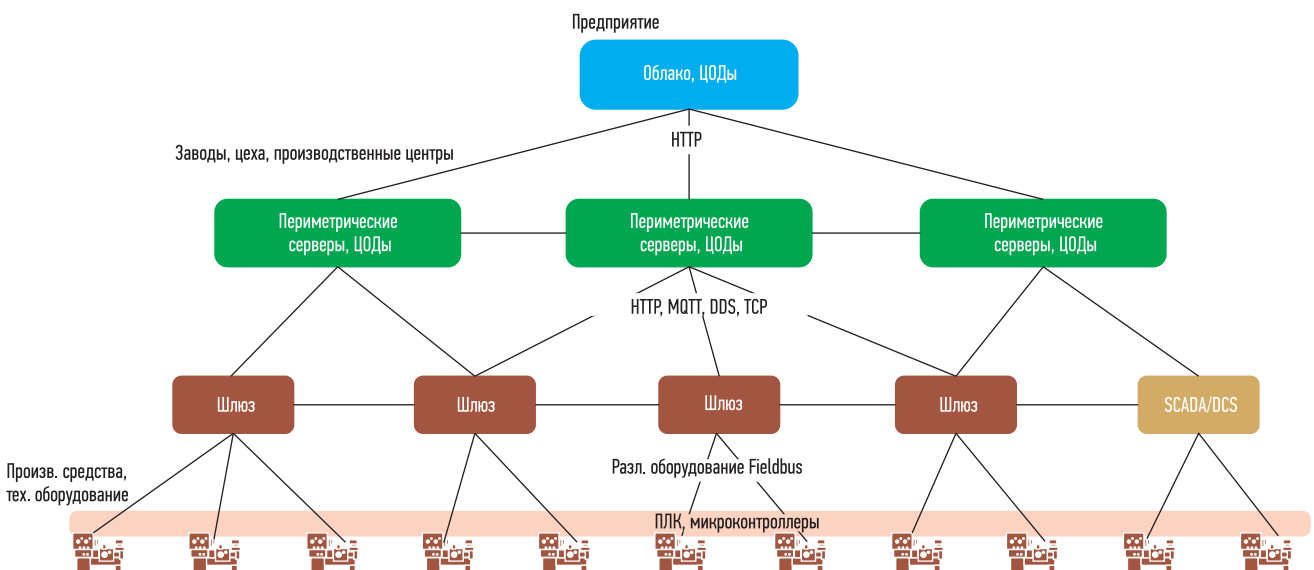
В следующих разделах эти ключевые характеристики будут рассмотрены подробнее.

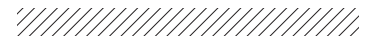
### ПОТОКОВАЯ И РАСПРЕДЕЛЕННАЯ АНАЛИТИКА

Промышленное аналитическое решение должно «на лету» обрабатывать потоки данных от технологического оборудования и систем для генерации непрерывных информационных потоков с низкой задержкой, порой с соблюдением жестких требований к временным характеристикам. В противоположность этому во многих аналитических решениях для IIoT используется подход, основанный на пассивных запросах, что больше подходит для составления отчетов в бизнес-аналитике, чем для активной аналитики. Но традиционная пакетная аналитика на базе запросов все же полезна для построения и совершенствования аналитических моделей, а также для приня-

**РИС. 2.** ▼ Платформа промышленной аналитики, допускающая развертывание на различных уровнях архитектуры, обеспечивает возможность комплексного динамического управления рабочей нагрузкой и распределения аналитики по уровням. (Публикуется с разрешения Thingswise)

#### Распределенная аналитика





тия решений людьми, что может включать выявление макроэкономических тенденций и закономерностей в процессах.

В сложных многоуровневых распределенных промышленных системах аналитическое решение также должно быть распределенным. Это позволяет выполнять анализ вблизи от источников данных и мест принятия решений, где требуются аналитические выводы. В типовой архитектуре ПОТ (рис. 2) средства аналитики могут развертываться в ПОТ-шлюзах на уровне управления технологическими процессами, по периметру на уровне управления производством, в ЦОД предприятия или в облаке.

Платформа промышленной аналитики, допускающая развертывание на различных уровнях архитектуры, обеспечивает возможность комплексного динамического управления рабочей нагрузкой и распределения аналитики по уровням, что позволяет соблюсти баланс между потребностями в принятии четких решений и в доступе к данным и ресурсам (вычислительным и сетевым).

Платформа промышленной аналитики с функциями распределенной аналитики обеспечивает следующие потенциальные преимущества для периметрической аналитики:

- быстрый отклик благодаря исключению длительных задержек в сети;
- высокая отказоустойчивость за счет того, что сбои или отказы сети не могут нарушить функционирование производства, как это случается в централизованных системах;
- более надежная защита информации и охрана неприкосновенности частной жизни благодаря удержанию данных в пределах безопасных доменов;
- снижение затрат на эксплуатацию сети путем сокращения объемов передаваемых по сети данных.

Чтобы можно было в полной мере воспользоваться преимуществами ПОТ-аналитики, аналитическое решение должно воздействовать на осуществляемый в автоматическом режиме непрерывный динамический процесс превращения потока данных с технологического оборудования в информацию, а информации — в действия по отношению к технологическому оборудованию, производству и бизнес-процессам.

Решение анализирует потоки данных от систем управления, включая ПЛК и системы SCADA, и с помощью предметно-ориентированных приложений дает непрерывную интеллектуальную обратную связь этим

системам, которая может заключаться, например, в корректировке уставок и режимов работы систем управления. Полученная аналитическая информация о функционировании производства предоставляется также бизнес-приложениям.

Анализ больших объемов высокодетализированных данных в ПОТ-шлюзах обеспечивает более точную и оперативную локальную обратную связь для систем управления даже в тех случаях, когда нарушается связь по сети с верхними уровнями. Сводная информация от местных средств аналитики может передаваться в центральный узел на уровне управления производством для дальнейшего агрегирования и других видов высокоуровневого анализа.

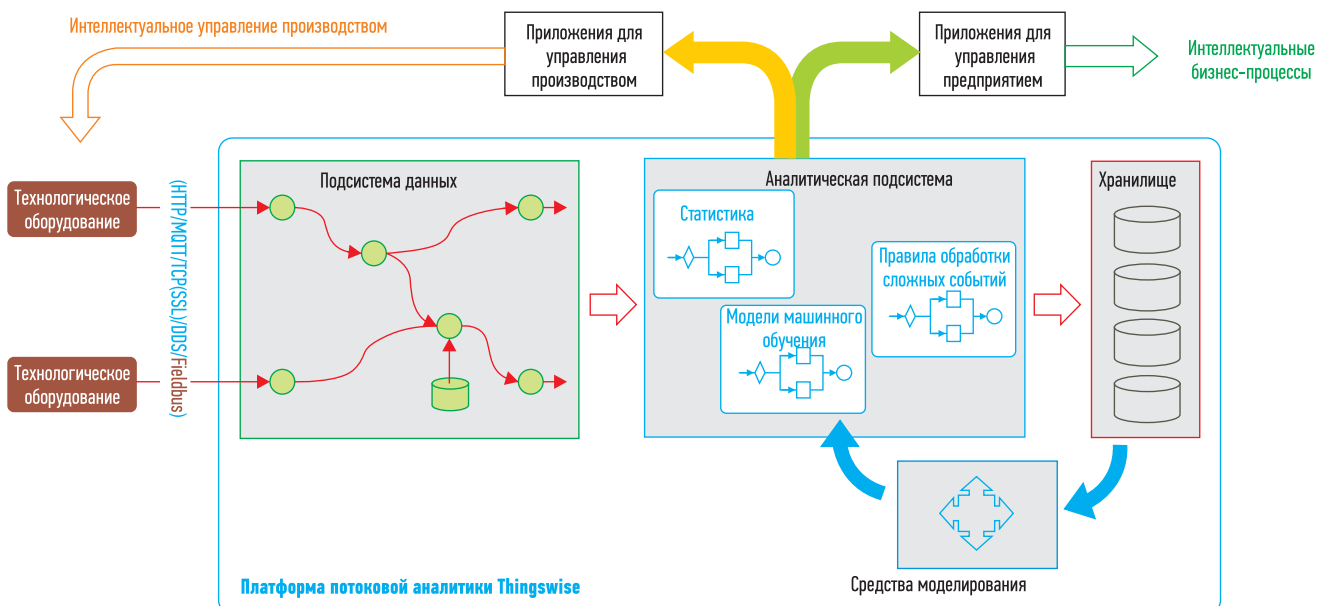
Функции распределенной потоковой аналитики можно и нужно реализовывать на уровне платформы, чтобы оградить разработчиков и пользователей аналитических приложений от связанных с этим сложностей.

## ИННОВАЦИОННАЯ ПЛАТФОРМА

В составе платформы промышленной аналитики должны быть средства для решения основных задач, возникающих в контексте промышленного производства, включая сопряжение

**РИС. 3. ▽**  
Выявление аномалий, нахождение осмысленных закономерностей и прогнозирование тенденций по потоку данных, поступающему в реальном времени с технологического оборудования, — вот некоторые задачи, для решения которых на производстве применяется промышленная аналитика. (Публикуется с разрешения Thingswise)

### Базовые компоненты промышленной аналитики



по данным, осуществление конкретных видов анализа и непрерывное совершенствование. Пример такой платформы, которая предлагается компанией Thingswise, показан на рис. 3.

Одна из задач, которые приходится решать в проектах по внедрению ИИТ, — это сопряжение по данным. Особенно актуальна она в случае развертывания ИИТ-систем в рамках уже имеющейся инфраструктуры, где существуют и совместно работают системы управления и технологическое оборудование различных типов, моделей и производителей. Данные, собираемые с этого оборудования, чрезвычайно разнятся по типам, форматам и уровню качества.

Чтобы обеспечить сопряжение по данным, платформа промышленной аналитики должна иметь в своем составе мощную, но при этом простую в использовании подсистему обработки данных, с помощью которой можно было бы выполнять необходимые преобразования. Полностью настроенные маршруты обработки данных содержат адаптацию протоколов, синтаксические преобразования, семантическое сопоставление и повышение качества данных на основе политик, включая среди прочего проверку, фильтрацию и устранение дублирования. Кроме того, они будут включать обогащение данных (присовокупление дополнительных метаданных к потоку данных с технологического оборудования) и прочую обработку, необходимую для качественного анализа данных. Чтобы сделать возможным проектирование почти или совсем без написания кода, задавать эти маршруты обработки данных можно с использованием декларативных предметно-ориентированных языков (DDSL).

Выявление аномалий, нахождение осмысленных закономерностей и прогнозирование тенденций по потоку данных, поступающему в реальном времени с технологического оборудования, — другая задача, которую необходимо решать на производстве с помощью аналитики. Чтобы соответствовать высоким требованиям, предъявляемым к средствам промышленной аналитики, аналитическая подсистема должна обеспечивать мультимодальный событийный потоковый анализ. Сюда могут входить традиционный

статистический анализ, обработка сложных событий, а также распознавание и классификация образов во временных последовательностях на основе машинного обучения. В совокупности эти три вида анализа дают мощный синергетический эффект.

Суть традиционного статистического анализа данных с технологического оборудования — в обобщении результатов во временном, пространственном и логическом аспектах. С его помощью также устанавливаются нормы, по которым выявляются аномалии в работе парка технологического оборудования.

Сложная обработка событий заключается во временном, пространственном и логическом сопоставлении событий, выявленных в потоках данных с технологического оборудования, для определения первопричин этих событий и принятия мер в случаях, когда это необходимо.

Распознавание и классификация образов на основе машинного обучения заключается в применении алгоритмов такого типа обучения с обученными моделями для выявления конкретных закономерностей в потоках данных с технологического оборудования. Этот вид анализа позволяет эффективно сопоставлять постоянно меняющиеся данные множества физических измерений, поступающие с технологических датчиков, для распознавания важных признаков в работе технологического оборудования. С помощью обученной модели, внедренной в аналитическое решение, можно почти в реальном времени автоматически обнаруживать осмысленные признаки на множестве в сотни тысяч единиц оборудования. Это особенно полезно для автоматического выявления аномалий в работе технологического оборудования, диагностики неисправностей, а также технического обслуживания и ремонта.

### ПРОСТОТА ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ

Проверенный способ упростить настройку — реализовать проектирование без программирования на декларативной основе. Таким образом можно индивидуально настроить внедрение, обработку и анализ данных под конкретную задачу. Это позволяет легко адаптировать решение к различным протоколам, фор-

матам и способам обработки данных, а также конкретным особенностям анализа, не прибегая к программированию. При таком подходе можно быстро создать первоначальные версии аналитических приложений и затем наращивать их возможности в итеративном режиме — например, добавлять новые потоки данных или аналитические данные, не затрагивая уже имеющуюся функциональность. Это также позволяет разработчику быстро увидеть результат внесенных изменений, что открывает возможности для экспериментирования, которые так ценны в промышленной аналитике.

Тщательно спроектированный язык настройки обеспечивает прозрачное масштабирование платформы промышленной аналитики с ростом объема данных.

Промышленное аналитическое решение дает значительную экономическую отдачу в производственных, обрабатывающих и гибридных отраслях, позволяя организовать интеллектуальный мониторинг оборудования и автоматизированный надзор за ним. По результатам анализа в реальном времени данных, поступающих с технологического оборудования, могут в автоматическом или полуполупрограммном режиме выполняться действия, способствующие повышению общей эффективности производства и минимизации потенциальных убытков от поломок и простоев. Сложность описанных выше технических задач может препятствовать компаниям эффективно следовать этому пути. Роль платформы промышленной аналитики заключается в том, чтобы решить наиболее сложные технические задачи, упростить внедрение ИИТ и сделать его менее трудозатратным и рискованным. Такая платформа в виде решения «под ключ», созданного высококвалифицированными специалистами на базе новейших технологий с реализацией эффекта экономии за счет масштаба, очевидным образом может быть дешевле полностью индивидуального решения, особенно если учитывать сегодняшние темпы развития технологий. В целом, она помогает быстро и с относительно невысокими затратами добиваться результата и создавать добавленную стоимость. ●