

# Как ускорить переход к «Индустрии 4.0» с помощью сетей промышленного Ethernet

Ф. Трейси<sup>1</sup>

УДК 004.71 | ВАК 05.13.15

Четвертая промышленная революция меняет подходы к созданию продуктов благодаря цифровизации производственных процессов и технологического оборудования. Преимуществами автоматизации мы пользовались на протяжении десятилетий, а сегодня промышленные системы дополняются расширенными данными, машинным обучением и искусственным интеллектом. Автономные системы становятся все более взаимосвязанными: они обмениваются информацией, анализируют и интерпретируют данные, чтобы обеспечить возможность принимать «умные» решения и выполнять задания на всех участках производства. Сегодня в качестве перспективного инструмента создания эффективной коммуникационной среды на «умном» предприятии рассматриваются сети промышленного Ethernet.

**П**рограммы и инициативы в области «умного» производства направлены на повышение ценности бизнеса за счет увеличения объемов производства, оборачиваемости активов и повышения общей производительности. Они позволяют эффективно использовать потоки данных для повышения гибкости и качества при одновременном снижении энергопотребления и остаточных отходов. Все чаще интеллектуальные системы, подключенные к облаку, позволяют повысить эффективность производственной среды путем адаптации к внедрению массового производства заказных изделий.

Преимущества «Индустрии 4.0» основаны на максимальном использовании данных для принятия максимально эффективных решений. Своевременный доступ к данным и передача этих данных по всей системе автоматизации зависят от свойств коммуникационной сети. Сетевые технологии должны быть способными справляться с увеличивающимся объемом данных, а также обеспечивать все производственные процессы. Интеллектуальная взаимосвязанная среда автоматизации требует подключенных к цифровым технологиям систем, машин, роботов и др., создающих информацию и обменивающихся ею. Средства, с помощью которых машины обмениваются данными, и производственная коммуникационная сеть, которую они используют, играют важнейшую роль в реализации задач «Индустрии 4.0».

В рамках существующей на заводе инфраструктуры невозможно реализовать бесшовное подключение датчиков

и исполнительных устройств, особенно в удаленных местах. Если будущее – за данными и совокупностью актуальных данных на уровне предприятия, то задача состоит в том, чтобы найти способ передавать огромные объемы информации, используя эффективные системы коммуникации. В связи с этим возникает вопрос о том, как спроектировать, построить и развернуть промышленную коммуникационную сеть, которая будет соответствовать требованиям современных систем автоматизации и будущих производственных объектов.

## ПОЧЕМУ ИМЕННО ПРОМЫШЛЕННЫЙ ETHERNET?

Поскольку коммуникационные возможности являются центральным элементом концепции «Индустрии 4.0», для создания действительно подключенного предприятия должны стать реальностью три вещи. Во-первых, информационные технологии (ИТ) более высокого уровня или инфраструктура предприятия должны быть объединены с сетью управления производственным цехом. Во-вторых, различные сети или производственные модули, существующие в настоящее время на производственных участках, должны сосуществовать и взаимодействовать друг с другом. В-третьих, требуется обеспечить бесшовную и безопасную связь между технологическими средами – от периферии процесса до корпоративного облака (рис. 1).

Чтобы решить эти проблемы, необходимо внедрить базовую сетевую технологию, которая способна поддерживать эффективное взаимодействие, расширяемость и достаточный охват. Идеальным решением становится Ethernet – хорошо изученная и широко распространенная

<sup>1</sup> Analog Devices, менеджер по маркетингу, fiona.treacy@analog.com.

сетевая технология. Обеспечивая высокую пропускную способность и быстрый ввод в эксплуатацию, она широко используется в ИТ-инфраструктуре во всех производственных средах.

Однако обычный Ethernet не является приемлемым решением для инфраструктуры промышленного управления, учитывая необходимость работы в режиме реального времени. Сети управления операционными технологиями (ОТ) должны гарантировать, что передаваемое сообщение доставляется туда, куда необходимо, и точно вовремя. Это обеспечивает корректное выполнение задания или процесса. Протокол TCP/IP для маршрутизации трафика не гарантирует высокий уровень детерминированности. Подобно тому, как обычный Ethernet обеспечивает совместное использование файлов или доступ к сетевым устройствам, таким как принтеры, промышленный Ethernet позволяет контроллерам получать доступ к данным и отправлять служебные команды от программируемых логических контроллеров (PLC) к датчикам, исполнительным механизмам и роботам, рассредоточенным по производственному цеху. Ключевое отличие заключается во влиянии на производственный процесс задержанных или недоставленных сообщений. В приложениях, не работающих в режиме реального времени, если веб-страница обновляется медленно, их влияние будет минимальным, в то время как в производственной среде эффект может быть значительным – от потери технологических



Рис. 1. Облачная инфраструктура

материалов до нанесения случайного вреда человеку. Чтобы системы управления работали, сообщение должно каждый раз надежно и вовремя доставляться к месту назначения.

В результате, промышленный Ethernet стал рассматриваться в качестве предпочтительной технологии на уровне управления операционными процессами. Задача состоит в том, чтобы обеспечить бесшовное соединение не только между ИТ-сетями и высокоуровневыми ОТ-сетями, но и на всех уровнях заводской ОТ-сети, вплоть до датчиков конечного узла (рис. 2, 3). Сегодня для того, чтобы обеспечить коммуникационные возможности от нижних уровней ОТ-сети до сети Ethernet на более высоких уровнях, где требуется объединенная ИТ / ОТ-сеть, применяются сложные шлюзы, потребляющие значительную мощность. Наличие общезаводской объединенной сети автоматизации на основе Ethernet устранил необходимость в этих шлюзах, тем самым упростив саму

сеть. Фактически, шлюзы протоколов, используемые для трансляции и обеспечения соединения с верхним уровнем ОТ-сети, не имеют прямой адресации и приводят к изоляции данных в сети, что ограничивает возможность обмена информацией в производственном цехе. Это противоречит концепции «Индустрии 4.0», когда производители стремятся собирать данные телеметрии со стороны ОТ-сети, чтобы управлять аналитикой и бизнес-процессами на стороне ИТ-сети.

Поскольку детерминизм в доставке пакетов и синхронизация являются обязательными требованиями для управляющих приложений, многие поставщики начали разработку собственных протоколов реального

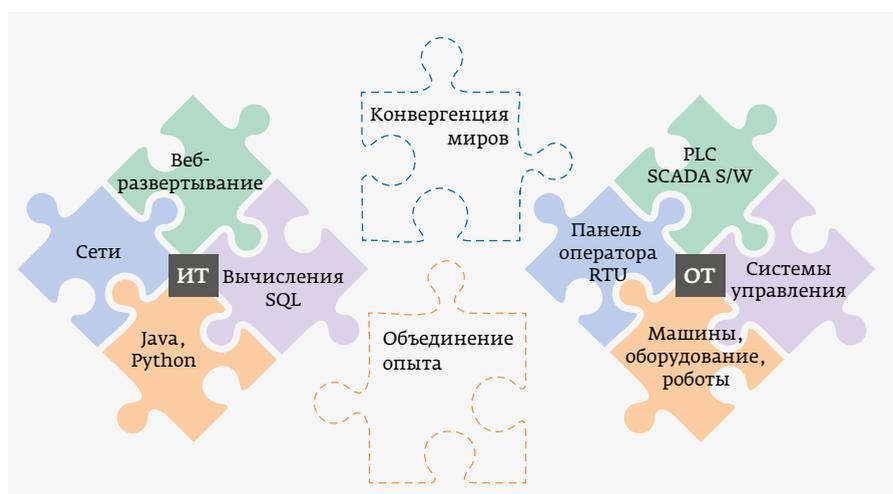


Рис. 2. Конвергенция двух миров: информационные технологии (ИТ) и операционные технологии (ОТ)

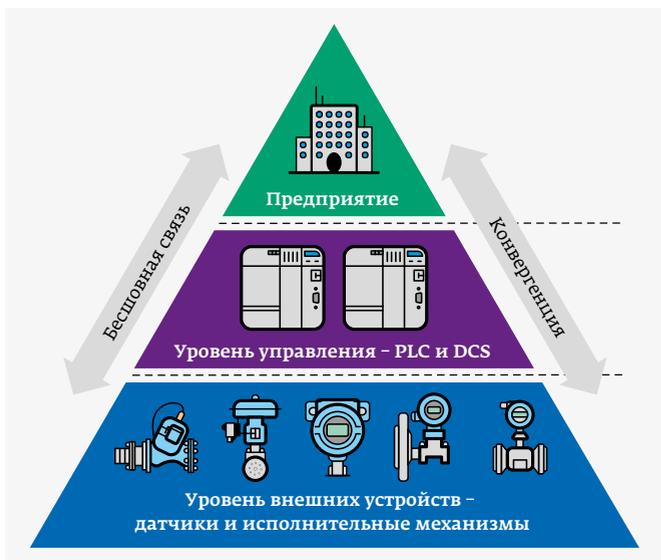


Рис. 3. Пирамида автоматизации

времени, подходящих для сетей OT. В результате были созданы решения, которые, хотя и были детерминированными, но отличались специфическими особенностями каждого поставщика. Это, в свою очередь, привело ко множеству несовместимых решений на основе различных типов протоколов, работающих на разных производственных участках и не способных взаимодействовать. Это сохраняет изоляцию данных или создает острова данных. Требуется решение, которое позволит различным производственным модулям, использующим разные протоколы, сосуществовать и совместно использовать сеть таким образом, чтобы гарантировать, что не будет нарушен их управляющий трафик.

Таким решением стало создание чувствительной ко времени сети (Time Sensitive Networking, TSN) – независимого от производителя стандарта реального времени на базе Ethernet, основанного на спецификации IEEE 802.1. Как следует из названия, стандарт TSN сфокусирован на времени. Этот стандарт преобразует обычный Ethernet в систему, гарантирующую синхронизацию для критически важных приложений. Он предназначен для того, чтобы обеспечить возможность передачи данных из одной точки в другую за фиксированный и предсказуемый промежуток времени. Таким образом, TSN гарантирует своевременную доставку пакета. Чтобы связь была предсказуемой, устройства в сети должны иметь общую концепцию времени.

Стандарт определяет средства для передачи любых кадров TSN Ethernet по расписанию, при этом позволяя передавать кадры, не являющиеся TSN, с максимальной эффективностью (рис. 4). Таким образом, TSN обеспечивает сосуществование в одной сети трафиков реального и не реального времени. Поскольку все устройства используют одно и то же время, важные данные могут передаваться с малой задержкой и малым джиттером на гигабитных скоростях.

Цель заключается в создании конвергентной сети, в которой каждый протокол может совместно с другими протоколами использовать коммуникационный провод детерминированным и надежным способом. TSN – это набор стандартов, обеспечивающих требуемый детерминизм связи. Он обеспечивает переход к надежной и стандартизированной коммуникационной архитектуре, устраняющей изоляцию данных в результате использования фирменных интерфейсных шин. Такое объединение сетей, в свою очередь, будет стимулировать генерацию большего количества данных за счет увеличения масштабируемости самой сети с полосой пропускания от 10 Мбит/с до 1 Гбит/с и выше.

Вероятный сценарий дальнейшего развития заключается во внедрении TSN в новом оборудовании постепенно, шаг за шагом в технологических модулях и на участках в рамках существующих промышленных объектов. Для производителей внешних устройств это означает, что в обозримом будущем классические решения для промышленного Ethernet, а также TSN, должны быть обеспечены поддержкой.

### РАСШИРЕНИЕ СЕТИ ВПЛОТЬ ДО ПЕРИФЕРИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Вероятно, наиболее значительное нововведение – это возможность обеспечить бесшовное подключение



Рис. 4. Особенности чувствительной ко времени сети (TSN)

граничного узла к корпоративному облаку в приложениях для управления процессами (рис. 5). На сегодняшний день возможность подключения к периферийным устройствам ограничена интерфейсом токовой петли 4–20 мА или другими доступными технологиями. Во многих случаях это двухточечные соединения, ограничивающие возможность развития сети. Организация связи с внешними устройствами без использования Ethernet сопряжена с рядом проблем. Во-первых, весьма ограничена полоса пропускания (например, для HART она составляет 1,2 Кбит/с для интерфейса 4–20 мА), что уменьшает объем и скорость потока данных. Во-вторых, ограничена мощность, подаваемая на само устройство, что снижает его функциональность. Наконец, содержание шлюзов на уровне управления и в ИТ-сети сопряжено с чрезмерными непроизводительными затратами. Кроме того, существуют проблемы, связанные с работой в искробезопасной среде уровня зоны 0 и стремлением использовать существующую кабельную сеть для более быстрого и дешевого ввода в эксплуатацию.

Эти проблемы привели к необходимости разработки стандарта IEEE 802.3cg-2019 для полнодуплексной связи IOBASE-TTL. Недавно этот стандарт был утвержден, и сегодня он определяет полнодуплексную связь со скоростью 10 Мбит/с с питанием по одному кабелю витой пары длиной до 1 км. Теперь данные начинают свою

жизнь в датчике в виде Ethernet-пакета и проходят через всю ОТ- и ИТ-инфраструктуру также в виде Ethernet-пакета. Нет необходимости в их трансляции (что приводит к задержкам, дополнительному энергопотреблению и накладным расходам). Существующие сетевые архитектуры претерпят изменения, связанные с переходом удаленных модулей ввода-вывода на внешние Ethernet-коммутаторы, как показано на рис. 5. Теперь Ethernet-команды могут пересылаться от контроллера через многопортовые коммутаторы IOBASE-TTL к внешним устройствам и от них. Информация, полученная на внешнем узле, теперь может передаваться посредством Ethernet-пакетов (с более высокой пропускной способностью) через сеть внешних коммутаторов на PLC / DCS-контроллер и, в конечном итоге, в облако.

Есть несколько явных преимуществ, которые помогут осуществить переход от устаревших интерфейсных шин к промышленному Ethernet. Во-первых, возможность использования существующей кабельной инфраструктуры (длиной до 1 км) упрощает развертывание и снижает затраты на модернизацию. Во-вторых, доступная мощность, передаваемая по кабелю к измерительному прибору, которая ранее была ограничена 36 мВт (в лучшем случае, при использовании интерфейса 4–20 мА), теперь достигает 60 Вт (в зависимости от кабеля) или 500 мВт в зоне 0 для искробезопасного оборудования. Дополнительная мощность позволит

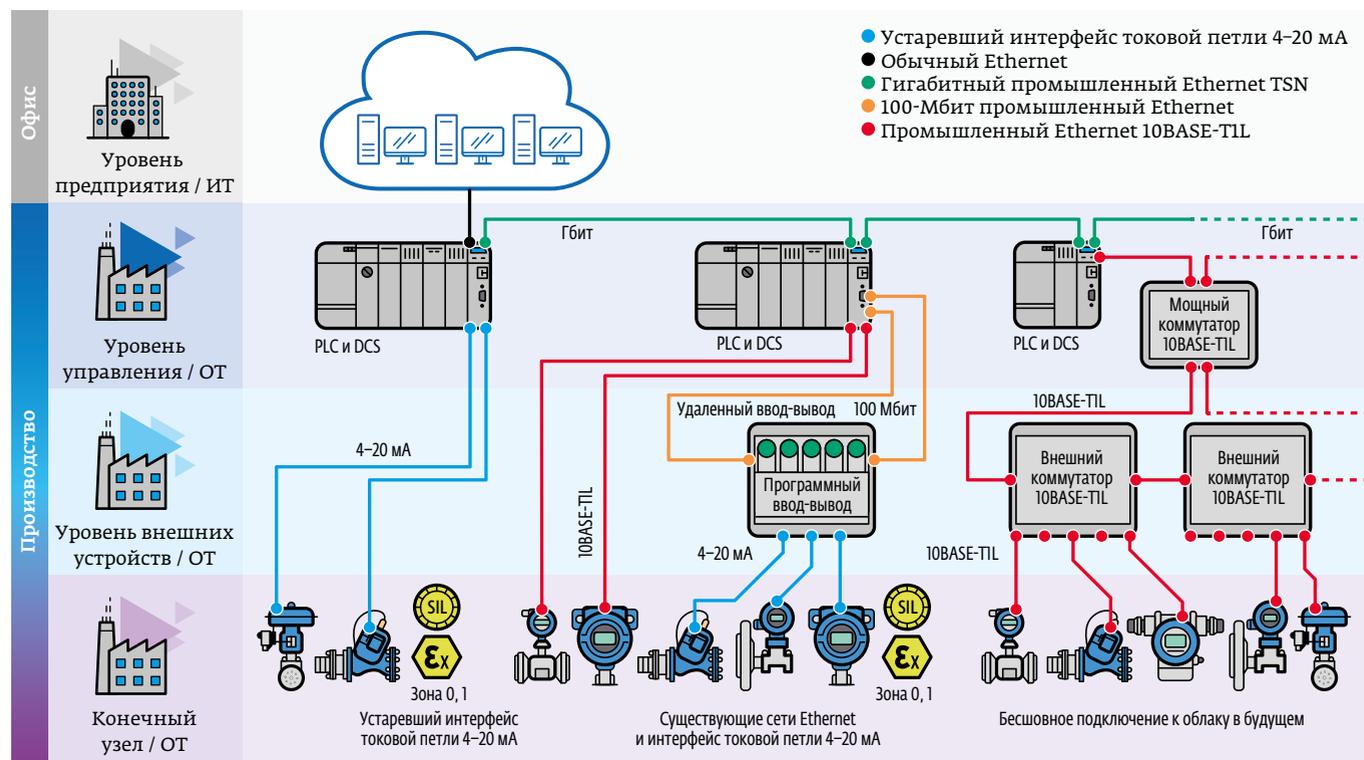


Рис. 5. Бесшовная связь от периферии к облаку

применять более функциональные и оснащенные интеллектуальными возможностями устройства в конечных узлах сети. Все это, в сочетании с доступной в данный момент скоростью восходящего канала в 10 Мбит, позволит получать расширенную информацию, чтобы извлечь максимальную выгоду из высокой эффективности, предлагаемой «Индустрией 4.0».

## ЧТО ДОСТУПНО СЕГОДНЯ?

Для развития сетей автоматизации нужна новая надежная технология устройств физического уровня с малой задержкой и низким энергопотреблением в сочетании с масштабируемой матрицей коммутаторов. Находясь в авангарде разработок в области промышленного Ethernet, компания Analog Devices использовала свой богатый опыт в сфере автоматизации и передовые технологии для создания обширной номенклатуры решений для надежной доставки критичных по времени данных во все промышленные системы, обеспечивая бесшовное подключение и операционную эффективность. ADI Chronous, семейство масштабируемых решений для Ethernet, включает устройства физического уровня (трансиверы), встраиваемые коммутаторы и законченные платформенные решения с многопротокольным программным обеспечением (рис. 6). Они полностью протестированы и верифицированы, что позволит обеспечить быстрый выход на рынок.



Рис. 6. ADI Chronous – ведущее в отрасли семейство решений для промышленного Ethernet

Среди наиболее известных решений от Analog Devices:

- ADIN1200 – лучший в отрасли трансивер физического уровня для сетей промышленного Ethernet со скоростью передачи 10/100 Мбит/с с расширенным набором функций и подтвержденной надежностью;
- ADIN1300 – гигабитный трансивер физического уровня с наименьшей в отрасли задержкой и энергопотреблением, который отличается высокой надежностью в жестких условиях эксплуатации;
- fido5200/fido5100 – встраиваемый двухпортовый многопротокольный коммутатор реального времени, поддерживающий многие из доступных функций TSN. Новые функции TSN могут быть реализованы посредством обновления прошивок по мере их появления. Также поддерживаются обновления многопротокольного ПО, доступные на портале разработчиков ADI Chronous.

Надежные, масштабируемые и комплексные решения для сетей Ethernet семейства ADI Chronous упрощают проектирование системы и сокращают время разработки. Для поддержки перехода с устаревших внешних устройств компания Analog Devices разработала новую технологию, называемую программно-конфигурируемым вводом-выводом (AD74413R). Она позволит разрабатывать конфигурируемые на месте блоки удаленного ввода-вывода, которые устраняют разрыв между устаревшими устройствами и сетью Ethernet более высокого уровня.

## А ЧТО НАСЧЕТ БЕЗОПАСНОСТИ?

У сети Ethernet есть уязвимости, и безопасность – одна из наиболее важных проблем, влияющих на темпы внедрения «Индустрии 4.0». Открытый поток информации по всему предприятию между OT- и ИТ-сетями, а также между периферией и облаком создает потенциальные проблемы нарушения безопасности, последствия которых могут быть разрушительными.

Безопасность должна быть основным фактором управления рисками при планировании стратегии «Индустрии 4.0». Обеспечение защиты современных сложных сетей – дело непростое; оно требует многоуровневого подхода, чтобы сделать безопасность неотъемлемой частью всей системы – в граничных устройствах, контроллерах, шлюзах и далее по стеку (рис. 7). Семейство ADI Chronous обеспечивает безопасность на каждом узле системы, сводя к минимуму компромиссы в отношении потребляемой мощности, производительности и задержек.

## ДОРОЖНАЯ КАРТА НА ПУТИ К РАЗВЕРТЫВАНИЮ

Хотя в последние годы замечен значительный рост в сфере промышленного Ethernet, полевые шины и другие устаревшие сетевые технологии все еще используются на производстве. Все согласны с преимуществами конвергентной

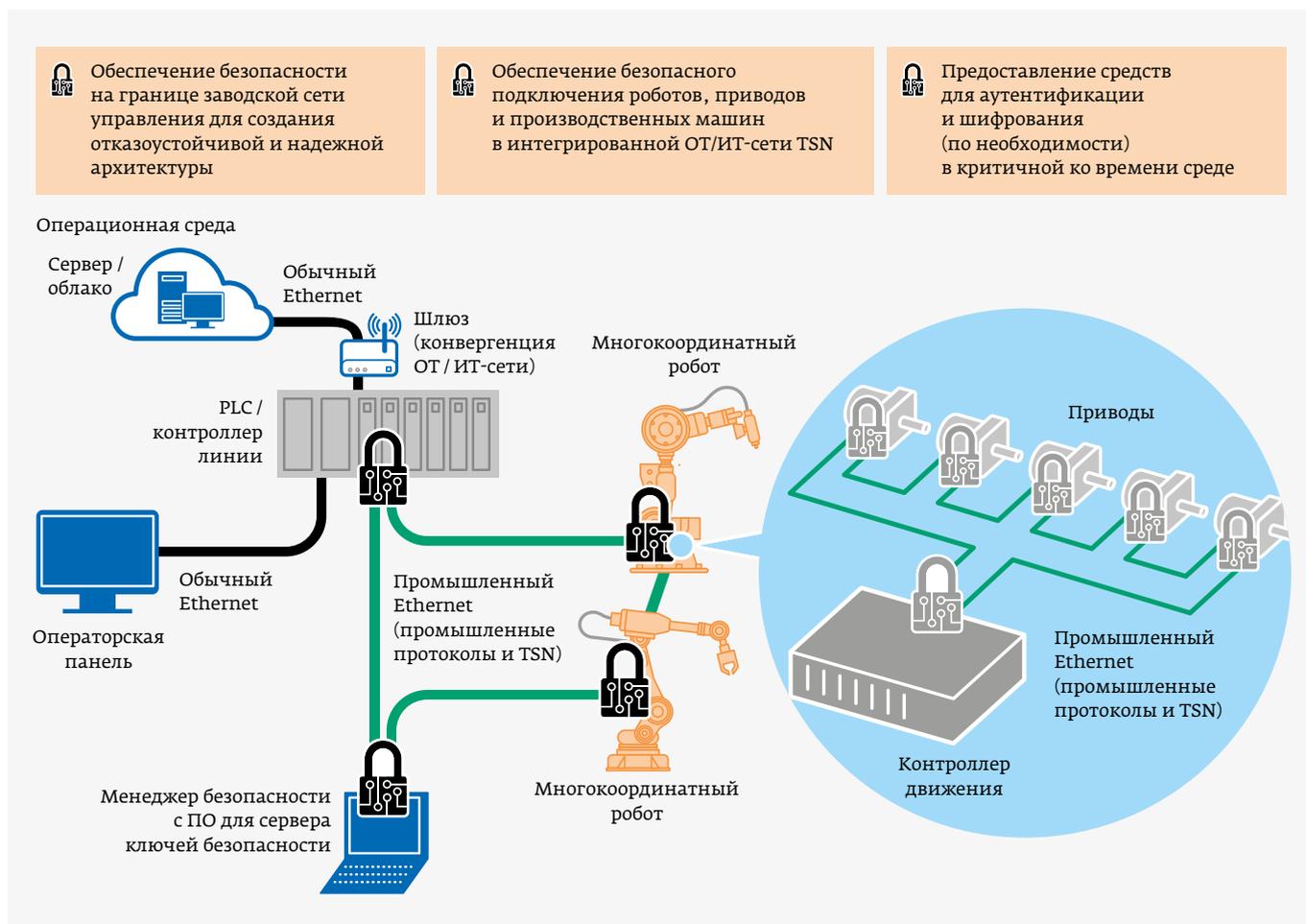


Рис. 7. Кибербезопасность для обеспечения надежных данных

сети на основе промышленного Ethernet. К ним относятся упрощенная сетевая архитектура, снижение затрат за счет исключения шлюзов, устранение проводных соединений, улучшенная оптимизация системы, увеличение времени безотказной работы и др. Появление новых стандартов и их скорое утверждение представляют собой катализатор для ускорения ожидаемого перехода к промышленному Ethernet. Этот переход обусловлен потребностью в более высокопроизводительных коммуникационных сетях с более тесной интеграцией ОТ- и ИТ-систем. TSN рассматривается как средство создания конвергентной сети и, в сочетании со стандартом IOBASE-TPL, инструмент реализации бесшовного соединения между периферией и облаком. Переход на новую технологию не произойдет в одночасье, но потенциальные выгоды настолько очевидны, что, вероятно, скорость ее внедрения превзойдет обычные отраслевые показатели.

В основе концепции «Индустрии 4.0» лежит возможность автоматизировать процессы с использованием подключенных устройств, способных собирать, отправлять и получать информацию. ADI Chronous обеспечивает

доступ к аналитическим данным, ранее недоступным для многих устройств граничных узлов, тем самым открывая новые возможности для анализа данных и операций. Подключение к промышленному Ethernet реализует эти возможности благодаря беспрепятственной передаче потоков данных через сеть автоматизации в облако.

Существуют области данных, к которым мы не можем получить доступ сегодня, но по мере того, как развертывание промышленного Ethernet будет становиться нормой, задачи «Индустрии 4.0» переместятся в сторону обеспечения безопасности и анализа данных с целью максимального повышения ценности нашего бизнеса. Разумным выбором будет сотрудничество с надежным партнером, который на протяжении многих десятилетий успешно работает на рынке промышленных систем. Analog Devices обладает обширным опытом, технологиями и решениями, необходимыми для ускорения перехода к интеллектуальной фабрике завтрашнего дня.

По вопросам поставки продукции компании Analog Devices обращайтесь в компанию ЭЛТЕХ по электронной почте [analog@eltech.spb.ru](mailto:analog@eltech.spb.ru).