

Беспроводной КОНТРОЛЬ арматуры

Israel Radomsky, генеральный директор фирмы Eltav Wireless Monitoring Ltd.
Ethan Matlaw, руководитель отдела экспорта Habonim Industrial Valves & Actuators Ltd*

Введение

Мировая потребность в промышленной арматуре, увеличиваясь более чем на 5% в год, в 2009 году достигнет (с учетом роста цен) \$66 млрд против \$52 млрд в 2004 г. — данный прирост значительно выше, нежели за период 1999-2004 гг. Расширению рынка способствовал бурный рост экономики развивающихся стран Азии, Латинской Америки и Восточной Европы. Такими выводами опубликованного в 2005 г. компанией Freedonia исследования «Мировой рынок промышленной арматуры», где приводятся как данные прошлых лет, так и прогнозы до 2009 года.

Насущность

При нынешней ситуации в мировой индустрии оборудование и промышленные системы должны быть такого уровня, который еще десять лет назад казался немыслимым. Глобальная конкуренция заставляет промышленность непрерывно совершенствовать процессы производства, повышая качество продукции, наращивая объемы выпуска и производительность — притом людей у станков становится всё меньше и меньше. Производственное оборудование должно теперь демонстрировать небывалый уровень надежности, работоспособности и ремонтпригодности, поскольку директора заводов ищут пути снижения эксплуатационных и вспомогательных расходов, стремятся исключить или свести к минимуму капиталовложения. Одним словом, производители вынуждены принимать меры для повышения технологичности и безопасности своей продукции, в то же время сокращая затраты и увеличивая срок службы нового и подержанного оборудования.

Любая технологическая линия оснащена огромным количеством датчиков. И к каждому из них нужно подвести шнур



Gosciodun Radomsky — один из учредителей и генеральный директор Eltav Wireless Monitoring Ltd. Основал компанию ELPAS, занимающуюся локализацией решений по управлению активами. Ранее работал в компании LTC — разработчике систем с искусственным интеллектом. Имеет две правительственные награды Израиля и 10 патентов.

* Компания **Habonim Industrial Valves & Actuators Ltd** (Израиль) — крупнейший производитель шаровых кранов на Ближнем Востоке. Опыт производства — с 1960 г. Дополнительную информацию о компании HABONIM можно получить по адресу: ethan@habonim.com.

питания и кабель передачи данных. Проводка — это не просто дополнительные затраты и лишняя морока при проектировании и монтаже, это еще и один из основных источников сбоев в технологических линиях — ведь немалое число датчиков перемещаются¹ либо находятся в тяжелых внешних условиях. То есть, уже на полевом уровне² проблема с проводкой становится реальной головной болью пользователя.

Различные полевые шины, нашедшие в последние годы широкое применение, принципиально проблемы не решают. В топологии «звезда» датчики все так же соединены проводами с концентраторами.

Беспроводные сенсорные системы могут в корне изменить организацию производства, повысив его кон-

¹ Вместе с оборудованием, на котором установлены (прим. ред.)

² «Полевой уровень» — низший («нулевой») уровень систем автоматизации и диспетчеризации инженерных и/или технологических комплексов. К нему относят разнообразные датчики, реле, переключатели, прочие устройства, осуществляющие «контакт» системы автоматизации с собственно технологическим оборудованием (прим. ред.)

курентоспособность. Интеллектуальные беспроводные датчики, приспособленные к любым промышленным условиям, позволят получать свободный доступ в режиме реального времени к данным о работе всего оборудования, благодаря чему вырастет производительность и эффективность производства. Более того, беспроводная технология обеспечит надежный автономный контроль производственных процессов, что, в свою очередь, приведет к повышению качества и объема выпуска продукции, к снижению затрат.

Преимущества беспроводных датчиков таковы:

- **Снижение затрат на установку.** На типичном промышленном объекте имеются километры проводки, которая обходится в \$200-300 за метр, включая затраты на монтаж. А метр специального кабеля для сложных условий эксплуатации может вам обойтись и в \$6.000. Беспроводные системы избавят вас от этих издержек.

- **Снижение затрат на техобслуживание.** С течением времени проводам свойственно рваться и гнить. Прозвон линии, тестирование, ремонт и замена проводки требуют времени, сил и материалов. Если же неисправность проводки повлечет за собой остановку производства, затраты возрастут многократно. Беспроводные системы позволяют избежать всех расходов, связанных с прокладкой новых проводов и вынужденными простоями.

- **Невозможность сбоя коннектора.** Большинство сбоев в любой сети происходят в коннекторах; беспроводные системы такой проблемы лишены по причине отсутствия в них данного типа устройств.

- **Повышенная гибкость.** Заводским менеджерам, избавленным от путаницы проводов, будет проще отследить движение материалов и переналадить сборочные линии в угоду переменчивым запросам заказчиков. Свобода от проводки обеспечивает большую гибкость при размещении датчиков, что особенно важно для передвижного оборудования (напр., краны и литейные ковши).

- **Быстрый пуск.** Несложные беспроводные системы датчиков быстро настраиваются и интегрируются в эффективную локальную сеть. На подходе — опции автокалибровки и автоконтроля, которые откроют возможность развертывания ad-hoc³ систем для анализа различных производственных сценариев.

Перспективы создания беспроводных систем

У лабораторий по всему миру имеются замечательные наработки продвинутых технологий. Технологии эти нужно развивать, интегрируя их с другими возникающими техническими идеями, чтобы в полной мере реализовать потенциал беспроводных систем. Когда такие системы найдут широкое применение в промышленности, их пользователи, получив огромный ресурс гибкости, обнаружат для себя немалые новые возможности. Дешевые, функциональные, простые в использовании беспроводные

³ Сеть ad-hoc — сеть «произвольной структуры», соединения между любыми узлами которой могут быть установлены в любой момент времени без помощи централизованной инфраструктуры (прим. ред.)

устройства перевернут привычные представления производителей о системах автоматизации.

ISA⁴ учредила комитет по стандартизации беспроводных систем ISA-SP100, который в настоящее время работает над проектом первого стандарта (ISA-S100.11a) «Беспроводная сеть, оптимизированная для промышленного контроля» (www.isa.org/isasp100/). Недавно разработан протокол Wireless HART⁵. Ожидается, что эти продукты выйдут на рынок в 2008 г.

Беспроводным решениям будут присущи надежность, простота в использовании, безопасность, надежность конструкции и открытость архитектуры.

Время пришло

Технологический прорыв начала 21 века проложил дорогу бурному развитию беспроводных промышленных систем. Феноменальное развитие рынка сотовых коммуникаций привело к резкому удешевлению и росту качества техники и технологий беспроводной связи. А поддержку распределённой архитектуры для таких систем обеспечивает продолжающееся снижение цен на компьютерную технику. Встроенный интеллект снижает требования к частотному диапазону и энергопотреблению — а это критические для беспроводных датчиков параметры. Беспроводная технология выиграет также от развития продвинутых технологий модуляции, разработки новых коммуникационных стандартов, миниатюризации датчиков, повышения надежности и помехоустойчивости⁶.

Беспроводные решения для арматуры

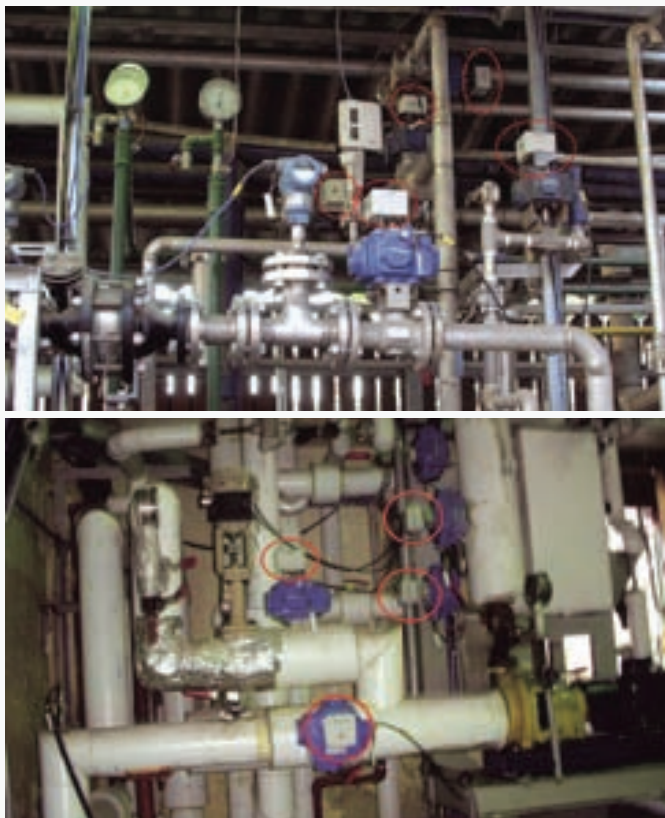
Среди безграничных возможностей, открываемых бурным развитием беспроводных технологий, контроль положения рабочего органа арматуры с помощью беспроводных датчиков выглядит весьма специфическим вариантом их применения, в освоении которого промышленность пока не проявляет особого усердия. Да, в номенклатуре всех поставщиков беспроводной техники есть устройства, совместимые с различными беспроводными технологиями (WiFi, Bluetooth, ZigBee — патентованные коммуникационные протоколы), которые способны работать как беспроводные датчики. Однако, чтобы такой датчик отслеживал положение рабочего органа ручной или приводной арматуры, нужно приложить еще немало усилий.

Нынешняя ситуация такова. Рынок шаровых кранов — это примерно 25% рынка всей промышленной арматуры, в 2004 году его объем составил около \$13 млрд. То есть, ежегодно продается около 75 миллионов шаровых кранов разных

⁴ ISA — крупнейшая международная некоммерческая организация по стандартизации в сфере автоматизации. Основана в 1945 году. Насчитывает 30000 членов. Базирована в Северной Каролине (США)

⁵ Полевой коммуникационный протокол HART широко применяется в промышленности как стандарт для коммуникации с полевыми приборами. Его особенность в том, что он поддерживает как цифровую форму передачи данных, так и типовой для промышленных датчиков аналоговый сигнал 4-20 мА

⁶ В оригинале — robustness, что в общем случае можно перевести и как «запас прочности». Увы, в русском языке нет точного по значению аналога для емкого английского термина robust, так что в специальной литературе порой прямо так и пишут: «робастный» (прим. перев.)



Оборудования Etlav, установленное на шаровых кранах HAVONIM, используется в проекте (TEVA) для фармацевтической промышленности в Израиле

размеров. По сведениям компании HAVONIM, большинство из них (80%) – это краны с ручным управлением, которые не способны управляться дистанционно. Около 50% реализуемых приводных кранов также лишены такой способности. Все устройства контроля положения арматуры, проданные на сегодняшний день, – проводные.

Многие компании различных отраслей промышленности согласны с тем, что им сегодня пригодилась бы автоматизация контроля работы как ручных, так и приводных шаровых кранов – это повысит безопасность, обеспечит соответствие надзорным нормам, поднимет объемы производства, снизит расходы, и т.д. Но когда на заводе тысячи шаровых кранов, оборудовать каждый из них контрольным устройством проводного типа нереально из-за высокой стоимости монтажа.

Почему далеко не все приводы шаровых кранов оснащены позиционерами или приборами контроля? Основная причина – высокая стоимость проводки при их подключении. Как только на рынок будет представлено недорогое беспроводное оборудование – оно тут же завоюет внимание, поскольку станет доступным для каждого привода.

Целевые рынки

Итак, в 2004 г. емкость мирового рынка шаровых кранов составляла \$13 млрд. Арматуростроение – очень фрагментированная отрасль. Арматуру поставляют свыше 20 000 компаний, но только 35 из них достигли уровня продаж \$100 млн в год, и только у 500 компаний годовая выручка превышает \$10 млн. Крупнейший поставщик арматуры занимает 5% мирового рынка, а доля первых четырех компаний – всего 10%. Мы видим, что потенциальная емкость рынка беспроводной автоматизации огромна: если ежегодно продается 75 миллионов шаровых кранов (данные 2004 года), то в эксплуатации находится еще порядка миллиарда. По прогнозам компании HAVONIM, мировая потребность в арматуре будет ежегодно вплоть до 2010 года увеличиваться на 5%. Есть все основания для активного продвижения систем беспроводного контроля арматуры.

Модернизация производства – с проводами или без? Сравним затраты

Представим себе производственную линию, на которой установлено 5000 шаровых кранов с ручным управлением. Допустим, ее планируется модернизировать, оборудовав все краны приборами контроля. Сравним стоимость модернизации с использованием проводных и беспроводных устройств. Можно предположить, что в среднем для подсоединения крана к концентратору понадобится 100 футов⁷ провода, монтаж 1 фута которого обойдется в \$50 (это нижний предел цены). Предположим также, что длина проводки до центрального блока управления от концентратора та же, что и от маршрутизатора, а проводной концентратор на 50 полевых устройств стоит \$1 000. В **таблице 1** сведены расходы, связанные с модернизацией.

⁷ 1 фут примерно равен 30,5 см

Таблица 1

Затраты конечного потребителя на модернизацию 5000 шаровых кранов						
	Проводные устройства			Беспроводные устройства		
	Единицы	Цена за единицу, \$	Всего, \$	Единицы	Цена за единицу, \$	Всего, \$
Приборы контроля работы крана	5 000	120	600 000	5 000	280	1 400 000
Длина провода (100 футов на один кран)	500 000	50	25 000 000			
Маршрутизаторы (только для беспроводных устройств)				167	900	150 000
Установка маршрутизаторов				167	500	83 333
Концентраторы (только для проводных устройств)	100	1 000	100 000			
Подводка провода к концентраторам (100 футов на один концентратор)	10 000	50	500 000			
Программное обеспечение	1	10 000	10 000	1	10 000	10 000
Общие затраты, \$			26 210 000			1 643 333
Стоимость мониторинга каждого крана			5 242			329
Соотношение затрат			16			1

Выводы сравнительного анализа

Из приведенных расчетов ясно, что модернизация с помощью проводных устройств непрактична. \$26 млн – это недопустимо дорого! В то же время, затраты на беспроводную технологию, как мы видим, составляют всего \$1 643 млн (в 15 раз меньше), что вполне по средствам типичному промышленному предприятию. Мы вновь убеждаемся, что именно из-за высокой стоимости проводки управление большинством шаровых кранов в мире сегодня не автоматизировано.

Пример практического решения. Технология. Продукт

Мы опишем беспроводное решение, которое позволит предприятиям обрабатывающей промышленности, используя доступные технологии беспроводной коммуникации, организовать систему автоматизированного контроля работы шаровых кранов (нечто подобное возможно и для других типов арматуры), выбросив из головы занимающую много места и отнимающую много денег проводку. Конечно, и у беспроводной технологии есть свои проблемы: с распространением сигналов, с интерференцией, с защитой информации, с настройками, и т.д. В отдельных случаях можно позволить себе расходы по применению высокоразвитых беспроводных технологий вроде сотовой связи, WiFi, и т.п. Тем не менее, описываемый вариант реализации беспроводной технологии будет полезен лишь при относительной дешевизне, надежности и помехоустойчивости, и если соответствие стандартам обеспечит совместимость с сетевыми решениями различных производителей и прямую выгоду конечному потребителю.

Пример такой беспроводной технологии – сеть ZigBee в стандарте IEEE 802.15.4⁸. Когда предприятиям обрабатывающей промышленности станут доступны стандарт ISA SP-100 и технология Wireless HART, можно будет заменить и обновить технологию ZigBee.

Беспроводную сеть создают помехоустойчивой, надежной и дешевой, с очень низким энергопотреблением, и дальность связи в ней относительно мала. В **таблице 2** приведены сравнительные характеристики систем WiFi, Bluetooth и ZigBee:

Сравнительно невысокая скорость передачи данных (0,25 Мбит/с) в сети ZigBee вполне достаточна для решения задач автоматизации контроля работы шаровых кранов. Зато сверхнизкое энергопотребление и малая стоимость, характерные для ZigBee, делают эту технологию наиболее привлекательной для подобных задач. Дабы снизить как общую цену продукта, так и операционные

⁸ Стандарт Radio Ethernet 802.15.4, разработанный Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), применяется для организации беспроводных коммуникаций на ограниченной территории в режиме локальной сети. Это первый промышленный стандарт для беспроводных локальных сетей WLAN (Wireless Local Area Networks) (прим. ред.)

расходы (за счет длительной работы без подзарядки), в ZigBee/802.15.4 предусмотрены приемлемые компромиссы в части некоторых технических решений. А чтобы ни компания-интегратор, ни компания-пользователь не понесли лишних административных расходов, в устройствах ZigBee используются нелицензируемые частотные диапазоны⁹. Устройства ZigBee имеют относительно невысокую дальность связи и не имеют инфраструктуры, соответственно, они образуют сети различных конфигураций.

Энергопотребление беспроводных схем таково, что нет необходимости добиваться низкой потребляемой мощности в постоянном режиме. Сеть ZigBee монтируется так, чтобы поддерживать очень короткий рабочий цикл. Стандарт 802.15.4 ZigBee позволяет сетевым узлам работать в режиме, когда и передатчик, и приемник большую часть времени пассивны. Описываемый прибор для шаровых кранов может работать на одной литиевой батарее AA минимум пять лет, выдерживая 100 обновлений в сутки.

Ниже приведен пример реализации беспроводного решения автоматизации контроля работы шаровых кранов¹⁰. На **рис. 1, 2** показано, как выглядит прибор контроля, установленный на кран HAVONIM с ручным управлением и на привод.

Итак, беспроводные приборы контроля могут быть установлены и на приводы кранов (с интерфейсом NAMUR), и на краны, управляемые вручную (с интерфейсом ISO 5211). Этим небольшим устройством с автономным питанием может быть оснащена как действующая, так и новая арматура. Сеть маршрутизаторов, распределенных по всей производственной площадке, организована по Mesh-технологии¹¹, она передает сигналы от приборов контроля к системному шлюзу, поддерживающему про-

Таблица 2

Сравнительные характеристики WiFi, Bluetooth и ZigBee			
	Стандарт WiFi	Технология Bluetooth	Стандарт ZigBee
Дальность	~100 м	~10-30 м	~10-50 м
Скорость передачи данных	2–11 Мбит/с	1 Мбит/с	0,25 Мбит/с
Модуляция*	DSSS	FHSS	DSSS
Потребляемая мощность	Средняя	Низкая	Крайне низкая
Размер	Большой	Маленький	Самый маленький
Цена/Сложность	Высокая	Средняя	Очень низкая
* В беспроводных сетях существуют два метода организации радиосигнала в СВЧ диапазоне: Frequency-Hopping Spread Spectrum («метод частотных скачков») и Direct-Sequence Spread Spectrum («метод прямой последовательности») (прим. ред.)			

⁹ Тут вопрос спорный. В отличие, например, от американского стандарта FCC, российский регламент радиосвязи не имеет «No licensed» частот (прим. ред.)

¹⁰ Разработка Eltav Wireless Monitoring Ltd (Израиль) реализована на арматуре производства Habonim Industrial Valves & Actuators Ltd.

¹¹ Mesh – децентрализованная архитектура сети, схема возможных соединений между узлами которой топологически избыточна. Благодаря такой избыточности Mesh-сеть – «умная» структура, обладающая способностью к самоорганизации. Это очень полезно для беспроводных систем, поскольку отдельный сбой коннекта между узлами не прерывает работу сети в целом: она как бы сама находит «обходной путь» передачи данных (прим. ред.)



Рис. 1



Рис. 2

Аккумулируя динамические данные об изменениях состояния крана и транслируя их в виде 64-битового пакета, прибор обеспечивает упреждающий контроль параметров приводной арматуры. Настроить прибор контроля оператор может как непосредственно с сервера, так и вручную, с помощью инфракрасного пульта, способного установить

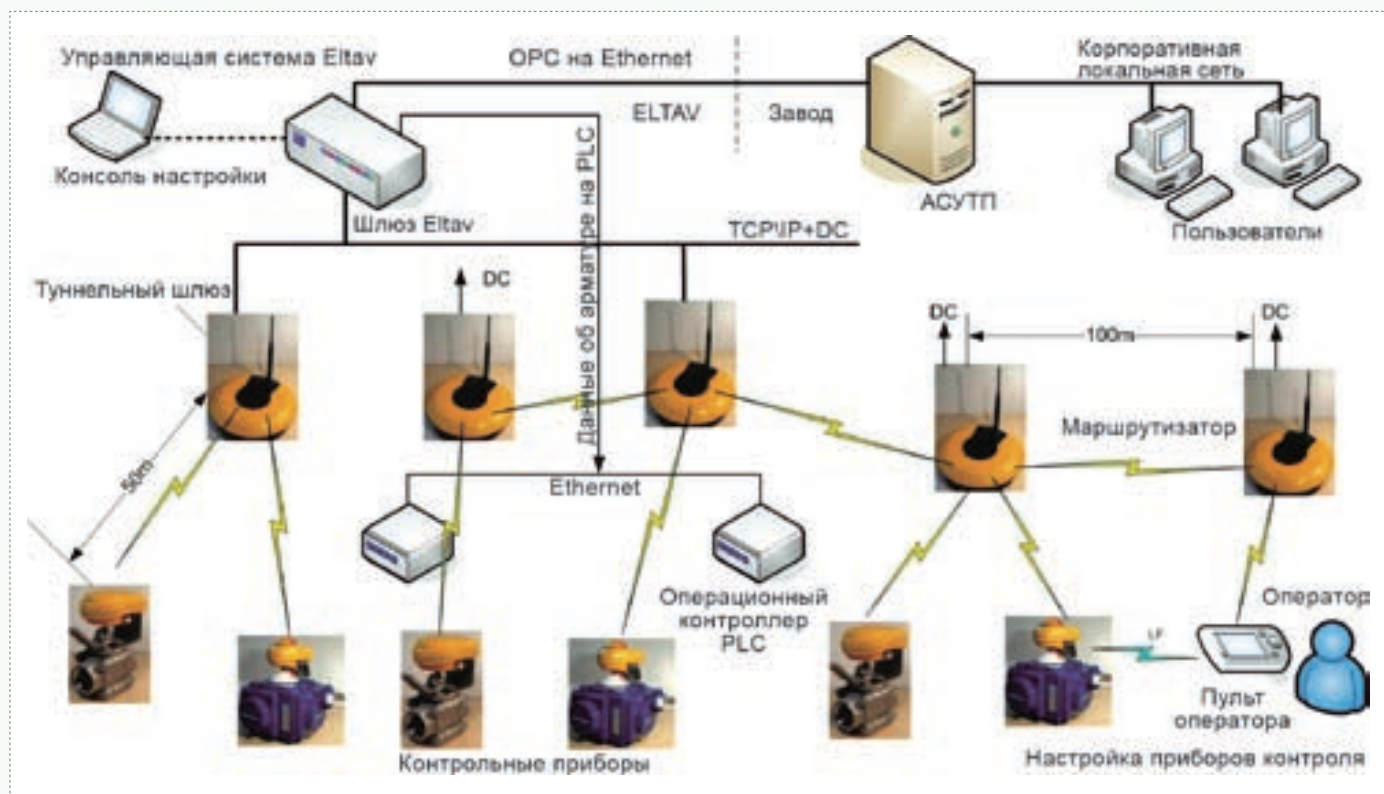
контакт с прибором на небольшом расстоянии. Ниже приведена схема реализации беспроводной системы контроля арматуры.

В текущей версии продукта используются микросхемы Zigbee от компании Ember. Когда на рынке появятся SP100 и Wireless HART (два новых стандарта для беспроводных решений в промышленной автоматизации), продукт будет модернизирован под SP100 или Wireless HART.

Система разработана так, чтобы сделать вероятность передачи сообщений от приборов контроля в АСУТП

максимальной. При пилотном тестировании был показан 100%-ый результат (460,000 сообщений прошли без потерь, из них менее 0,1% потребовали повторной передачи или переподключения). Среднее время ожидания – менее 50 мс.

Более подробную информацию можно получить по адресу: Israel.radomsky@eltav.com



того, он показывает температуру крана, состояние аккумулятора и прочую вспомогательную информацию. В будущих версиях прибор будет иметь входы для сбора данных от полевых устройств (в аналоговой и цифровой форме) и выходы для генерации управляющих сигналов.

максимальной. При пилотном тестировании был показан 100%-ый результат (460,000 сообщений прошли без потерь, из них менее 0,1% потребовали повторной передачи или переподключения). Среднее время ожидания – менее 50 мс.

Более подробную информацию можно получить по адресу: Israel.radomsky@eltav.com

¹² PLC – программируемый логический контроллер