

## БЕСПРОВОДНЫЕ ЛОКАЛЬНЫЕ СЕТИ ZIGBEE ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

А.Д. Яманов, Д.А. Алевский, А.Е. Плеханов (ООО «Аналитик-ТС»)

Рассмотрены особенности отказа от кабельных линий связи в пользу локальных беспроводных сетей передачи данных в АСУ. Вопросы «стыковки» беспроводных каналов с объектами АСУ и управляющим терминалом раскрыты на примере решений компании «Аналитик-ТС» (AnCom).

Ключевые слова: ZigBee, модем, беспроводная связь, автоматизация, система, управление, передача данных.

### Отказ от проводных каналов связи

Немалая часть проблем при развертывании, модернизации или перемещении производственных площадок в АСУ связана с прокладкой и дальнейшей эксплуатацией проводных каналов связи между контроллерами, датчиками, измерительными приборами и управляющим терминалом. Чрезмерные затраты и ошибки при прокладке кабеля между многочисленными объектами АСУ, трудоемкие и путаные разводки и кроссировки, обслуживание и устранение обрывов, сложности при согласовании земляных работ и их проведении, непреодолимые препятствия, использование в системе «дрейфующих» передвижных/временных либо просто высоких установок, перепрокладка сетей при переезде или модернизации... Прибавьте к этому специфические сложности при прокладке кабельных линий связи, свойственные особенностям каждой конкретной АСУ, находящейся в зависимости от проводов.

Кроме того, некоторые ситуации попросту не предполагают проведения кабельных работ, например, в силу особенностей конструкции, по соображениям безопасности, при отказе арендатора, или по каким-либо другим техническим причинам.

Напротив, использование беспроводных каналов связи в АСУ обеспечивает быстроту и легкость развертывания, модернизации и масштабируемости системы, ее мобильность, уменьшение расходов на прокладку и эксплуатацию кабелей связи, общую эстетичность помещений (отсутствие спутанных проводов).

Очевидно, что беспроводная передача данных в промышленных АСУ обладает массой преимуществ, однако возникает вопрос: какие стандарты радиосетей использовать, и как «состыковать» формируемые беспроводные каналы с объектами АСУ и управляющим терминалом?

### Стандарт IEEE 802.15.4 ZigBee

Использование локальных (персональных) радиосетей как альтернативу проводным или сотовым<sup>1</sup> каналам связи, предполагает территориальную сгруппированность элементов АСУ: в пределах завода, склада, промрайона, железнодорожной станции или порта. Однако даже на таких площадках использование «традиционных» стандартов беспроводной связи не всегда возможно: Wi-Fi и Bluetooth ориентированы на передачу больших объемов данных, но не отличаются дальностью действия и возможностью ретрансляции данных внутри сети.

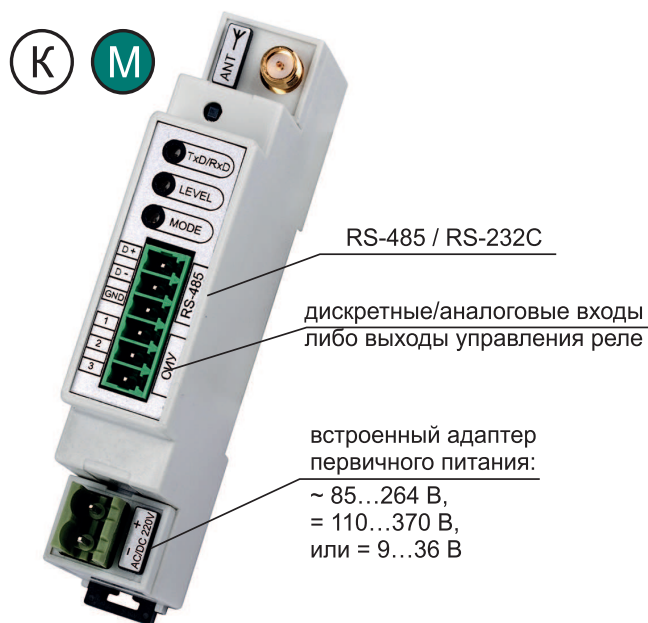


Рис. 1. ZigBee Pro модем AnCom RZ/B: крепление на DIN рейку, диапазон температур -40...70°С

Существует тем не менее специализированный стандарт, изначально нацеленный на персональные беспроводные информационные сети в системах коммерческой, промышленной и домашней автоматике. Это стандарт IEEE 802.15.4 (ZigBee).

В отличие от сетей сотовой связи общего пользования, ZigBee, также как Bluetooth и Wi-Fi, является персональной радиосетью, не требующей отчислений за трафик сторонним организациям. При этом, работая на достаточных для АСУ скоростях, ZigBee обеспечивает более высокую дальность передачи сигнала (до 90 м внутри помещений и до 4 км в зоне прямой видимости между соседними узлами), низкое энергопотребление, безопасную и надежную передачу данных.

Важным достоинством технологии ZigBee является возможность формирования площадей сплошного информационного покрытия (при условии «видимости» каждого узла хотя бы одним соседним) за счет автоматической ретрансляции и маршрутизации данных внутри сети [1].

### ZigBee модемы AnCom

Рассмотрим теперь вопрос стыковки беспроводных каналов связи как с объектами АСУ (контроллеры, датчики, измерительные приборы), так и с управляющим терминалом (компьютер, сер-

Таблица. Преимущества ZigBee модемов AnCom

Возможности AnCom RZ	Комментарии
Развертывание сети	– программная поддержка технологии развертывания сети.
Пуско-наладка модемов	– настроенные, введенные в сеть и готовые к работе модемы-«маршрутизаторы» (для подключения к объектам АСУ) и модем-«координатор» (для подключения к управляющему терминалу); – для дополнительных настроек и ввода новых модемов в сеть используются комплекты технологические утилиты.
Стандартизация интерфейсов на стороне объектов АСУ – подключение модемов-«маршрутизаторов» к приборам с последовательным интерфейсом	– к контроллерам, корректорам и измерительным приборам по интерфейсу RS-232C / RS-485; – прозрачный канал связи; – поддержка Modbus RTU.
Стандартизация интерфейсов на стороне объектов АСУ – подключение модемов-«маршрутизаторов» к датчикам и реле	– к дискретным датчикам охранно-пожарной сигнализации; – к аналоговым датчикам давления, температуры, CO <sub>2</sub> и т.п. (аналоговые измерения напряжения 0...2 В и тока 4...20 мА); – к входам управления реле (вкл./выкл. нагрузки); – выход питания датчиков/реле, мониторинг и управление состоянием входов/выходов модема по протоколу Modbus.
Стандартизация интерфейсов на управляющем терминале – подключение модема-«координатора»	– к диспетчерскому ПК или серверу по USB (через конвертер); – к управляющему контроллеру по интерфейсу RS-232C / RS-485; – к управляющему реле через входы типа «сухие контакты».
Организация доступа ПО управляющего терминала к объектам АСУ	– адресный доступ к интерфейсам объектов АСУ (RS-232C / RS-485), а также к аналоговым/дискретным входам и управляющим выходам модемов-«маршрутизаторов» обеспечивается: • со стороны диспетчерского ПО, в том числе SCADA, на диспетчерском ПК или сервере (OC Windows) по выделенным TCP или COM-портам, через комплексный программный коммуникационный сервер AnCom Server RM (служба OC Windows); • со стороны внутреннего ПО управляющего контроллера по протоколу Modbus RTU через встроенную в модем-«координатор» настраиваемую таблицу соответствия Modbus RTU и сетевых ZigBee адресов.
Поддержка различных вариантов построения ZigBee сетей	– адресный доступ к объектам АСУ со стороны диспетчерского ПО (OC Windows); – адресный доступ управляющего контроллера к объектам АСУ по Modbus RTU (Master → 1...32 Slave, неразрывные пакеты данных до 255 байт); – широкоэвещательная ретрансляция данных из управляющего контроллера объектам АСУ (неразрывные пакеты данных до 84 байт); – двухканальный адресный повторитель состояния контактов (Master → 1...32 Slave).
Использование полнофункционального модуля стандарта ZigBee Pro	– простота развертывания сетей большого размера; – дальность передачи сигнала между соседними модемами составляет от 90 м внутри помещений до 4 км в зоне прямой видимости; – автоматическая ретрансляция данных внутри сети.
Промышленное исполнение	– крепление на DIN рейку; – подключение внешней (в том числе антивандальной) антенны; – светодиодная индикация режимов работы и сетевой активности; – рабочий диапазон температур -40...70°C.
Встроенный адаптер первичного питания	– ~ 85...264 В, = 110...370 В; – или = 9-36 В.
Подключение шлюза к модему-«координатору» для доступа в сеть из территориально удаленного управляющего терминала (не обязательно)	– шлюз RS-232C/Ethernet связывает ZigBee модем-«координатор» и роутер локальной сети предприятия; доступ в сеть ZigBee из удаленного управляющего терминала осуществляется по технологии Ethernet; – шлюз в виде GSM-модема AnCom RM подключается к ZigBee модему-«координатору» и через GPRS/Internet устанавливает связь с управляющим терминалом (ПК или сервер), подключенным к Internet (статический публичный IP); – шлюз в виде GSM-модема AnCom RM подключается к ZigBee модему-«координатору» и через GPRS/Internet устанавливает связь с управляющим терминалом (управляющий контроллер), также подключенным к GSM-модему AnCom RM (SIM-карта со статическим локальным IP адресом); – шлюз в виде конвертера RS-232C/Bluetooth связывает ZigBee модем-«координатор» и управляющий терминал (например, ноутбук или планшет) по каналу Bluetooth.

вер, управляющий master-контроллер или пульт управления).

Необходимо подсоединить к беспроводной ZigBee сети элементы АСУ, имеющие интерфейсы подключения кабельных линий связи RS-232C и RS-485, дискретные или аналоговые (0 ...2 В/4 ...20 мА) выходы, а также входы управления реле (вкл./выкл. нагрузки). Следовательно, требуется набор приемо-передающих устройств (модемов), работающих в стандарте ZigBee, оснащенных указанными типами интерфейсов, а также снабженные программными средствами для сопровождения процесса развертывания сети и управления адресацией потоков данных внутри сети (если производитель не предоставляет подобный инструментарий, писать таковой придется самостоятельно).

Компания ООО «Аналитик-ТС» (торговая марка AnCom) предлагает законченное программно-аппаратное комплексное решение (таблица) на базе ZigBee модемов (рис. 1) и программной поддержки развертывания/модернизации сети:

- комплект настроенных и готовых к работе ZigBee модемов AnCom для подключения к элементам АСУ (вместо проводных стыков кабельных линий связи) и объединения их в локальную беспроводную сеть, включающий:
  - модемы (приемо-передающие устройства) типа «маршрутизатор» для ввода в ZigBee сеть объектов АСУ (счетчики, контроллеры, считыватели, а также датчики и реле);
  - модем (приемо-передающее устройство) типа «координатор» для ввода в ZigBee сеть управляющего

<sup>1</sup> Сети сотовой связи (GPRS/Internet), как правило, используются в качестве альтернативы проводным каналам связи при организации доступа к географически распределенным объектам через промышленные GPRS-модемы.

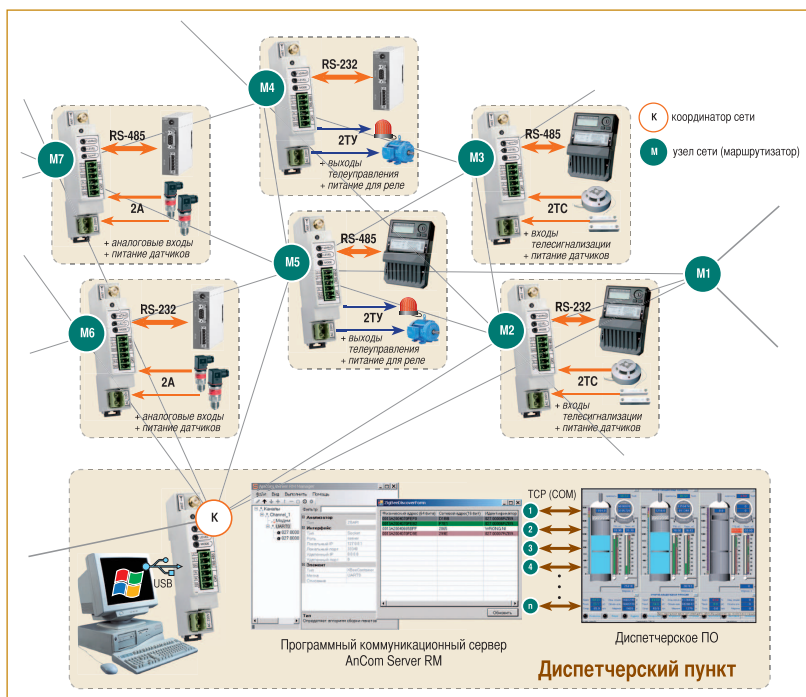


Рис. 2. Адресный доступ к объектам АСУ со стороны диспетчерского ПО (ОС Windows)

терминала (компьютер, сервер, управляющий master-контроллер или пульт управления);

- программную поддержку полного цикла развертывания сетей ZigBee;
- утилиты для настройки адресного доступа к объектам АСУ со стороны управляющего терминала (в том числе по протоколу Modbus RTU);
- утилиты для ввода новых модемов при расширении/модернизации сети.

Надежная и безопасная адресная передача данных между многочисленными, разбросанными по производственным площадкам элементами АСУ обеспечивается за счет высокой дальности передачи сигнала и автоматической ретрансляции данных между модемами.

Инсталляция модемов AnCom при построении сети или ее модернизации/реструктуризации происходит оперативно, без нарушения производственного процесса.

#### Поддержка различных вариантов построения ZigBee сетей

ZigBee модемы AnCom ориентированы на поддержку разнородных АСУТП и позволяют объединять в беспроводную локальную сеть множество различных объектов АСУ, организуя доступ к ним со стороны управляющего терминала соответствующего типа.

*Адресный доступ к объектам АСУ со стороны диспетчерского ПО (ОС Windows):*

- модем-«координатор» и коммуникационное ПО AnCom Server RM предоставляют диспетчерскому ПО адресный доступ к каждому объекту АСУ по выделенным TCP или COM-портам (рис. 2);

- особенности ПО AnCom Server RM: служба Windows, графический пользовательский интерфейс, автоматизация процесса развертывания локальной беспроводной сети ZigBee, маршрутизация потоков данных между интерфейсами удаленных объектов и TCP/COM-портами диспетчерского ПО, конвертер Modbus TCP ↔ Modbus RTU, журналирование и контроль соединения [2];

- прозрачные каналы связи с объектами АСУ, подключенными к модемам-«маршрутизаторам» (RS-232C/RS-485), доступ к аналоговым/дискретным входам и управляющим выходам модемов по протоколу Modbus;

- данные от объектов АСУ и аналоговых/дискретных входов модемов перенаправляются на диспетчерский пункт;

- в качестве управляющего терминала используется компьютер/сервер (ОС Windows) с коммуникационным серверным ПО AnCom Server RM и диспетчерским ПО (например, SCADA);

- примеры АСУ: учет электроэнергии, воды, тепла, газа; диспетчеризация и мониторинг в системах ЖКХ (АСКУЭ, АСКУПЭ); удаленный контроль процессов и оборудования.

*Адресный доступ управляющего контроллера к объектам АСУ по Modbus RTU:*

- модем-«координатор» перераспределяет Modbus-пакеты, формируемые управляющим Modbus контроллером (Master), согласно внутренней настроенной таблице соответствия Modbus RTU и сетевых ZigBee адресов (рис. 3);

- Modbus-пакеты адресуются как объектам АСУ (1...32 Slave), подключенным к модемам-«маршрутизаторам» (RS-232C/RS-485), так и аналоговым/дискретным входам и управляющим выходам модемов;

- данные от объектов АСУ (1 ...32 Slave) и аналоговых/дискретных входов модемов перенаправляются в управляющий контроллер (Master);

- компьютер и коммуникационное серверное ПО не требуется;

- примеры АСУ: автоматизация производства и логистики; АСУТП; системы сигнализации и безопасности; отопление, вентиляция, кондиционирование; управление «умным домом».

*Широковещательная ретрансляция данных из управляющего контроллера объектам АСУ:*

- модем-«координатор» прозрачно ретранслирует пакеты данных, формируемые управляющим контроллером (Master), в широковещательном режиме (рис. 4);

- формируемые пакеты данных передаются всем объектам АСУ (Slave), подключенным к модемам-«маршрутизаторам» по RS-232C/RS-485;

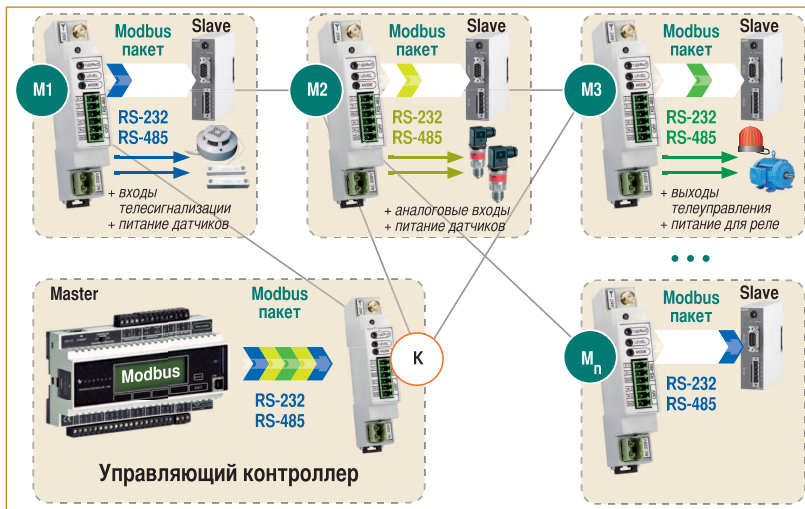


Рис. 3. Адресный доступ управляющего контроллера к объектам АСУ по Modbus RTU (Master → 1...32 Slave, неразрывные пакеты данных до 255 байт)

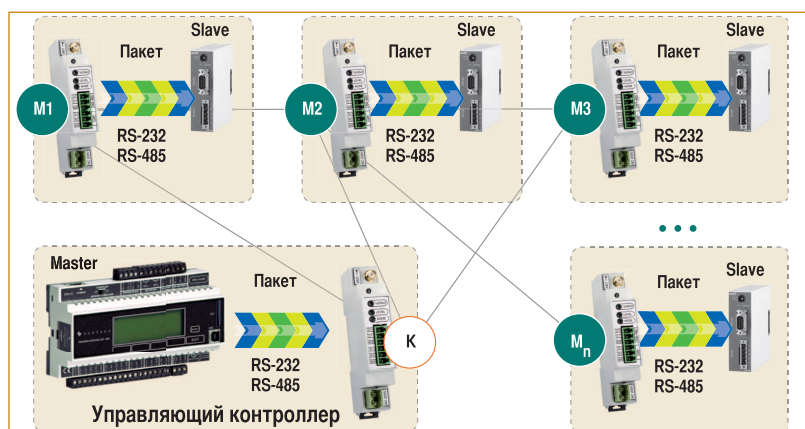


Рис. 4. Широковещательная ретрансляция данных из управляющего контроллера объектам АСУ (неразрывные пакеты данных до 84 байт)

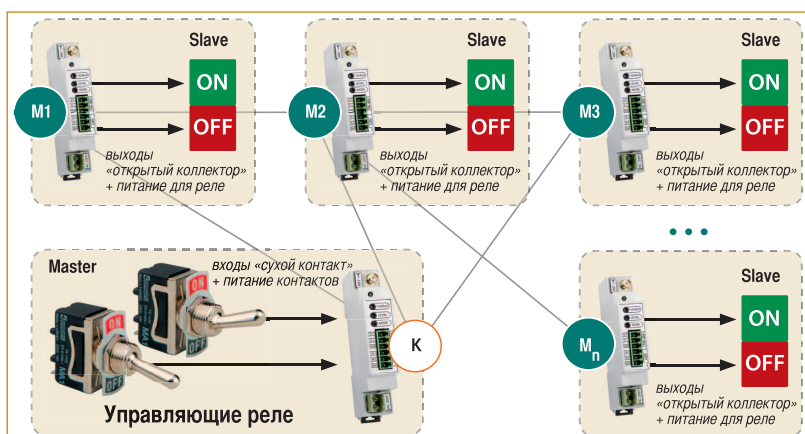


Рис. 5. Двухканальный адресный повторитель состояния контактов (Master → 1...32 Slave)

- данные от объектов АСУ (Slave) перенаправляются в управляющий контроллер (Master);
- компьютер и коммуникационное серверное ПО не требуется;
- примеры АСУ: автоматизация производства и логистики; АСУТП; отопление, вентиляция, кондиционирование; управление «умным домом».

также подключенного к локальной сети по Ethernet или Wi-Fi;

- модем-«координатор» через конвертер RS-232C/Bluetooth устанавливает связь с управляющим терминалом (например, ноутбук или планшет) по каналу Bluetooth.

*Двухканальный адресный повторитель состояния контактов (рис. 5):*

- модем-«координатор» (входы «сухой контакт») адресно ретранслирует состояния контактов ведущего устройства (Master) – всем объектам АСУ (1...32 Slave), включенным в рассылку (настраиваемый список «маршрутизаторов» в сети, которым ретранслируются состояния контактов);

- ведомые объекты (1...32 Slave) подключены к выходам «открытый коллектор» модемов-«маршрутизаторов»;

- компьютер и коммуникационное серверное ПО не требуется;

- примеры АСУ: системы сигнализации и безопасности; управление «умным домом»; АСУТП.

### Доступ в сеть ZigBee со стороны территориально удаленного управляющего терминала

При установке управляющего терминала вне зоны покрытия ZigBee сети, когда подключение к терминалу модема-«координатора» напрямую не позволяет «достать» до ближайших модемов-«маршрутизаторов», целесообразно использовать шлюзование.

Модем-«координатор» в этом случае подключается к шлюзу, который в свою очередь организует канал связи с удаленным управляющим терминалом, реализуя доступ последнего в ZigBee сеть.

Варианты шлюзов («мостов» между сетями разных типов) следующие (рис. 6):

- модем-«координатор» подключается к GPRS-модему AnCom RM, который через GPRS/Internet устанавливает связь с управляющим терминалом:

- ПК или сервер со статическим публичным IP адресом в Internet;

- управляющий контроллер, также подключенный к GPRS-модему AnCom RM (SIM-карта со статическим локальным IP адресом);

- модем-«координатор» подключается к роутеру локальной сети предприятия (через конвертер Ethernet/RS-232C) для организации доступа в сеть ZigBee из удаленного управляющего терминала,

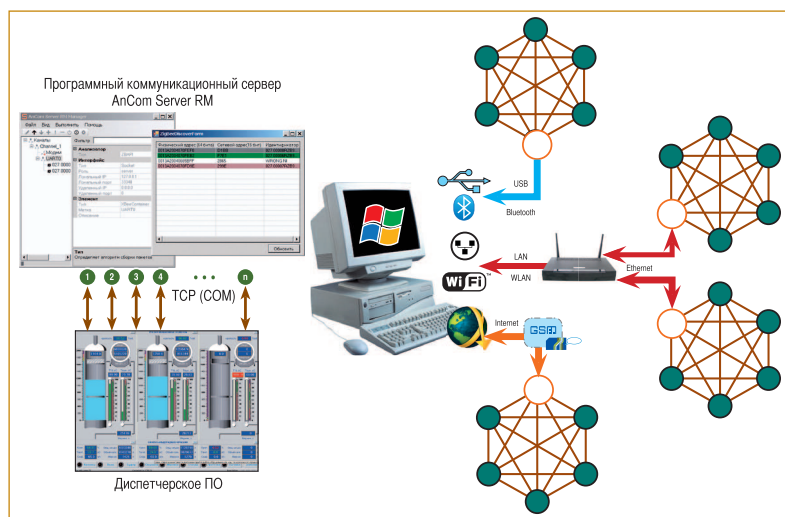


Рис. 6. Варианты шлюзования в сеть ZigBee: подключение модема «координатора» (пример для систем с адресным доступом к объектам АСУ со стороны диспетчерского ПО Windows: одновременная работа с несколькими ZigBee сетями через коммуникационное ПО AnCom Server RM)

#### Заключение

Переход от проблемных кабельных линий связи к беспроводным каналам передачи данных между элементами АСУ наиболее выигрывает при использовании специализированного стандарта ZigBee.

Персональная радиосеть ZigBee обеспечивает высокую дальность передачи сигнала, низкое энергопотребление, безопасную и надежную передачу данных, а также автоматическую ретрансляцию и маршрутизацию данных внутри сети.

костью расширить сеть при модернизации предприятия или перемещении производственных площадок.

#### Список литературы

1. Яманов А.Д., Алевский Д.А., Плеханов А.Е. Технология развертывания локальных беспроводных радиосетей ZigBee в системах промышленной автоматизации и диспетчеризации // ИСУП. 2011. № 6(36).
2. Яманов А.Д. Удаленный сбор данных АСКУЭ в малоэтажных жилых комплексах по ZigBee-сетям // Управление многоквартирным домом. 2012. № 1.

*Яманов Антон Дмитриевич — канд. техн. наук, менеджер по производству,  
Дмитрий Анатольевич Алевский — инженер-схемотехник,  
Александр Евгеньевич Плеханов — инженер-программист ООО «Аналитик-ТС».  
Контактный телефон/факс(495) 775-60-11.  
E-mail: info@analytic.ru*