

# Конвенциональные узкополосные технологические радиосети обмена данными

повышенной надежности и живучести. Часть 1

Сергей Маргарян  
Александр Харламов, к.т.н.  
Алексей Хромцев  
Алексей Сабунин

Данная публикация открывает серию статей, посвященных программно-техническим средствам для создания подвижных и стационарных конвенциональных узкополосных<sup>1</sup> и широкополосных технологических радиосетей обмена данными УКВ-диапазона, а также вариантам построения таких радиосетей для промышленности, транспорта и вооруженных сил. Рассматриваемые технические решения направлены на повышение надежности и живучести гражданских и военных технологических радиосетей обмена данными в повседневной обстановке, чрезвычайных ситуациях и в особый период.

Технологическая сеть связи (англ. *private network*) предназначена для обеспечения производственной деятельности организаций, управления технологическими процессами в производстве. Технологии и средства связи, применяемые для создания технологических сетей связи, а также принципы их построения устанавливаются собственниками или иными владельцами этих сетей [1].

Надежность (англ. *reliability*) — свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и транспортирования [2].

Живучесть (англ. *survivability*) — свойство системы, характеризующее способность выполнять установленный объем функций в условиях воздействий внешней среды и отказов компонентов системы в заданных пределах [3].

## Общие сведения

Технологические радиосети обмена данными создаются для решения комплекса функциональных задач, связанных с организацией мониторинга состояния (сбора данных о техническом и/или оперативном состоянии), оперативно-диспетчерского управления и информационного обеспечения в условиях, когда использование других средств связи невозможно или нецелесообразно. Значительная часть таких радиосетей предназначена для обеспечения в качестве основного или резервного средства функционирования критически важных и ответственных приложений, сбоя в работе которых может приводить к серьезным авариям и катастрофам.

Область применения технологических радиосетей обмена данными определяется следующими основными оперативно-техническими возможностями и преимуществами:

- Надежность среды передачи (линия передачи не подвергается механическим повреждениям

и разрушающему влиянию окружающей среды, а ее качество контролируется соответствующими государственными органами).

- Обширная оперативная зона с возможностью ретрансляции сигнала (реально построенные радиосети имеют сплошную оперативную зону более миллиона кв. км).
- Относительно небольшое время доступа к каналу передачи данных, обеспечивающее незначительные и приемлемые для большинства автоматизированных систем задержки в доставке данных.
- Применение детерминированных протоколов обмена данными, поддерживающих работу в близком к реальному режиму времени и обеспечивающих гарантированную доставку данных в установленные регламентом работы радиосети сроки;
- Высокая безопасность данных, функционирующих в технологической радиосети (применяемые технологии обеспечивают защиту от подавления, перехвата или несанкционированного доступа к работе в составе технологической радиосети).
- Относительно низкая стоимость эксплуатации.
- Независимость от «чужой» инфраструктуры связи и возможность развития, исходя из реальных требований (радиосеть принадлежит собственно пользователю, параметры ее работы и оперативная зона могут изменяться им самостоятельно).
- Совместимость с разнородным оборудованием сбора и обработки данных по широко применяемому и детально отработанному интерфейсам.
- Простота перемещения и оперативность развертывания в новом районе.
- Возможность эксплуатации в жестких условиях.

Основными пользователями узкополосных стационарных средств обмена данными являются:

- промышленность и транспорт, где они применяются для управления телемеханическими устройствами и аппаратурой сбора телеметрической информации;
- банки и офисы — для подключения автономно функционирующих технических средств, например, банкоматов;
- вооруженные силы и службы общественной безопасности — для оперативного управления подвижными силами и средствами, дистанционного управления специальной техникой и оповещения.

Наиболее широкое распространение в России такие радиосети получили на предприятиях топливно-энергетического комплекса, в горнодобывающей промышленности, лесном и водном хозяйстве, дорожных службах, на стационарных и подвижных объектах авиационного, железнодорожного, автомобильного и электротранспорта.

В связи с расширением областей применения и масштабов технологических радиосетей обмена данными, их использованием в ответственных приложениях, разработчиками ведутся активные работы, направленные на повышение надежности и живучести таких радиосетей.

## Варианты построения технологических радиосетей обмена данными

Современные программно-технические средства позволяют создавать относительно недорогие, эффективные и гибкие радиосети обмена данными, способные функционировать на протяжении многих лет с минимальным техническим обслуживанием. Типовая упрощенная схема коммутации технологической радиосети обмена данными представлена на рис. 1.

<sup>1</sup> Радиочастотный сигнал, база которого близка или равна единице (ГОСТ 24375-80. «Радиосвязь. Термины и определения»).

Источником данных на удаленном объекте является датчик (группа датчиков) или пользователь (группа пользователей). Информация от источника принимается и обрабатывается программируемым контроллером или удаленным терминалом, который подключается к модему по стандартному интерфейсу (как правило, RS-232 или Ethernet). Модем служит для преобразования поступающих цифровых данных в аналоговый сигнал, который посредством радиопередатчика передается в пункт управления (например, диспетчерскую или полевой пункт управления). Здесь процесс обработки происходит в обратном порядке: модем преобразует поступивший от радиоприемника аналоговый сигнал в цифровую форму, пригодную для его дальнейшей автоматизированной обработки. В типовых приложениях обмен данными производится под управлением центрального объекта (топология «звезда»), работающего через базовую станцию по принятым для конкретной радиосети протоколам обмена данными. Возможные варианты построения технологических радиосетей обмена данными представлены на рис. 2.

Таким образом, создается радиосеть обмена данными с полностью детерминированными параметрами, исключающая флуктуации информационного потока, способные привести к сбоям в ее работе, и поддерживающая работу удаленных устройств и пользователей в режиме времени, близком к реальному.

Наиболее высокая надежность работы достигается в системах, в которых обеспечивается прямая радиовидимость между объектами, то есть радиосигнал беспрепятственно распространяется от передающей до приемной антенны. Номинально в создаваемых радиосетях радиовидимость составляет 30 км на открытой местности и 10 км в условиях города со средней плотностью застройки. Минимальные и максимальные значения зависят от условий местности и могут отличаться на порядок. Прямая радиовидимость относительно просто достигается в стационарных технологических

радиосетях, но оказывается практически невыполнимой для подвижных радиосетей, в которых условия приема радиосигнала постоянно изменяются. В связи с этим при создании подвижных радиосетей применяется специальное радиотехническое оборудование, существенно отличающееся от используемого в стационарных радиосетях.

### Радиомодемы для стационарных технологических радиосетей

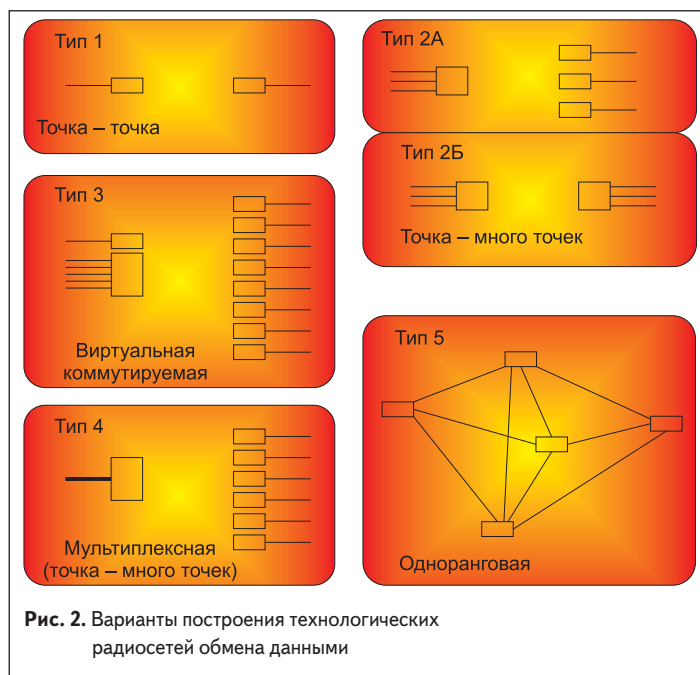
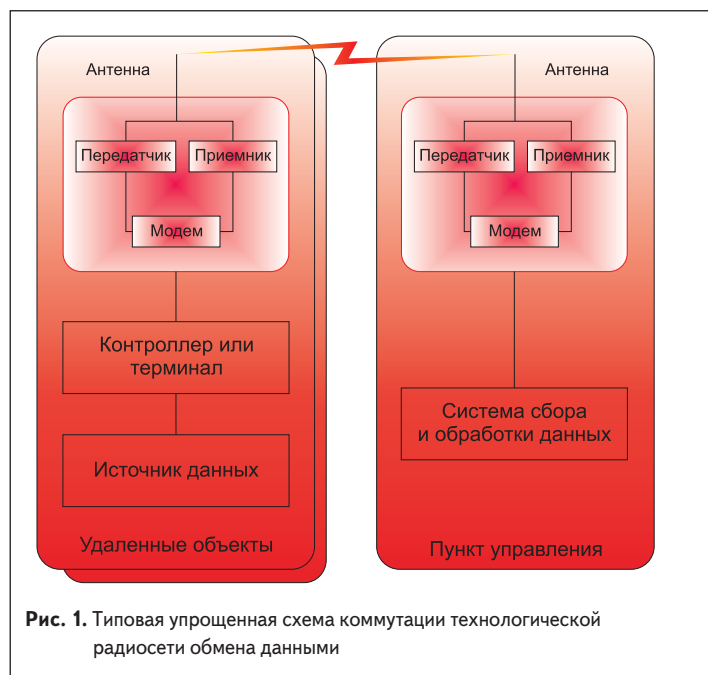
В стационарных технологических радиосетях обмена данными используются различные модели радиомодемов, обеспечивающие работу в режиме «точка — много точек». Поскольку, в отличие от подвижных радиосетей, позиции оборудования в таких сетях остаются неизменными на протяжении всего периода работы, функциональные требования к применяемому в их составе оборудованию ограничены. Радиомодемы в таких радиосетях функционируют в условиях минимального изменения условий приема радиосигнала. При правильно спроектированной радиосети уровень принимаемого сигнала на каждой приеме-передающей позиции соответствует номинальному для используемой модели оборудования, поэтому специальные методы повышения помехоустойчивости, в отличие от подвижных радиосетей, как правило, не нужны. Таким образом, радиомодемы для стационарных технологических радиосетей обмена данными представляют собой более простые устройства, в которых не реализуются функциональные возможности, обязательные для радиомодемов, применяемых в подвижных радиосетях обмена данными. Надежность функционирования стационарной технологической радиосети встроенными средствами оборудования не обеспечивается.

Современные стационарные радиосети строятся на специализированных радиомодемах. Основные свойства этих устройств:

- «Прозрачный» режим работы (используется протокол верхнего уровня, что упрощает

интеграцию с АСУ ТП и различными типами оборудования).

- Относительно невысокая скорость обмена данными (пакетная передача и дополнительные методы повышения надежности доведения информации, связанные с увеличением объема служебной информации, не применяются. Пропускная способность радиоканала в таком режиме значительно выше, чем в «пакетном» на аналогичной скорости).
- Малое время доступа к радиоканалу (основное время при передаче затрачивается на выполнение процедур связи, поскольку объем данных, передаваемых от контролируемых объектов за один сеанс связи, относительно мал и обычно составляет десятки байт).
- Высокая пропускная способность (в составе системы может функционировать значительное количество объектов, последовательный опрос которых должен производиться за короткий промежуток времени, обычно от нескольких десятков секунд до нескольких минут).
- Удаленная диагностика и настройка (поскольку создаваемые системы размещаются, как правило, на обширной территории, наличие данной функции позволяет обеспечить их надежное функционирование и снизить затраты на обслуживание в процессе эксплуатации).
- Ограниченная оперативная зона (стационарная радиосеть может функционировать на обширных территориях, но ее оперативная зона формируется индивидуальными базовыми станциями, которые не взаимодействуют между собой).
- Низкая стоимость эксплуатации (основные затраты на создание технологической радиосети связаны с ее развертыванием, затраты на этапе эксплуатации должны быть относительно низкими).
- Поддержка работы в 50% цикле (непрерывная работа на излучение и передача больших объемов информации за один сеанс, как правило, не требуются).



• Простота в расширении радиосети (без замены используемого оборудования). Основными пользователями узкополосных стационарных технологических радиосетей обмена данными являются промышленность и транспорт (включая трубопроводный), где они используются для удаленного сбора данных и управления исполнительными устройствами автономно или в составе автоматизированных систем управления технологическими процессами различного масштаба. Наиболее широкое распространение такие радиосети получили на предприятиях топливно-энергетического комплекса (сбор данных о функционировании и управление устройствами телемеханики), в горнодобывающей промышленности (управление механизмами и агрегатами), в инженерных сетях (контроль функционирования объектов электро-

водо-, газо-, теплоснабжения и канализации), на стационарных объектах авиационного, железнодорожного и морского транспорта (сбор данных и управление).

Основные характеристики радиомодемов для создания стационарных технологических радиосетей обмена данными представлены в таблицах 1 и 2 [4].

Надежность радиомодемов определяется характеристиками безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости, а также определенным сочетанием этих свойств. В связи с этим для построения технологических радиосетей с повышенной надежностью выбираются технические средства, имеющие соответствующие значения следующих параметров:

- среднее время наработки на отказ;
- срок службы;

- гарантийный срок эксплуатации;
- среднее время устранения неисправности;
- среднее время восстановления работоспособности после сбоя.

При выборе оборудования для создания радиосети повышенной надежности и живучести учитывается заявленная производителем вероятность возникновения необнаруженной ошибки в процессе обмена данными, а также данные о стабильности (сохранении) заявленных параметров в процессе эксплуатации при различных условиях окружающей среды. Как правило, это требование строго выполняется в случае использования моделей «профессионального» оборудования, при изготовлении которых применяются электронные компоненты в промышленном или военном исполнении.

Таблица 1. Характеристики радиомодемов для стационарных технологических радиосетей обмена данными отечественного производства

| Наименование радиомодема (производитель)                           | Рабочий диапазон частот, МГц                                  | Вид модуляции   | Скорость передачи в эфире (обмена данными), бит/с | Протокол в эфире                                | Выходная мощность                      |
|--|---|-----------------|---|---|--|
| «Пульсар» (НПП «Тепловодохран», г. Рязань)                         | 433,92±0,2%; 433–434  | FSK             | 1200–19200 (38400)                                | прозрачный                                      | 10 мВт                                 |
| «Невод-5» (ЗАО «Геолинк», г. Москва)                               | 433,92±0,2%; 433–450 (8 р/каналов)                            | FSK             | 1200–9600 (19200)                                 | прозрачный, пакетный                            | 10 мВт                                 |
| «Спектр 433» (ООО «Ратеев», г. Москва, Зеленоград)                 | 433,92±0,2%; 433,05–434,79                                    | FSK             | 1200–19200 (38400)                                | прозрачный, пакетный, ретранслятор              | 10 мВт                                 |
| «Гамма-433» (ООО «Радиосистемы», г. Ижевск)                        | 433,92±0,2%; 433–434  | GMSK            | 1200–19200  | прозрачный, пакетный, эхо-репитер               | 10 мВт                                 |
| «Гамма-4151» (ЗАО «ИнСАТ», г. Москва)                              | 433,92±0,2%; 433–450 (8 р/каналов)                            | GMSK            | 1200–9600   | прозрачный, пакетный                            | 10 мВт                                 |
| «РИФ ФАЙНДЕР-801» (ООО «Альтонаика», г. Москва)                    | 433,92±0,2%; 433–434  | FFSK            | 1200  | прозрачный, эхо-репитер                         | 10 мВт                                 |
| «PM-433» (СКБ «Промавтоматика», г. Москва, Зеленоград)             | 433,92±0,2%; 433–434  | 2-уровневая FSK | 1200–19200 (38400)                                | прозрачный, пакетный, ретранслятор              | 10 мВт                                 |
| «РМД-400» (ООО «МАРС», г. Екатеринбург)                            | 433,92±0,2%; 433–434  | FSK             | 1200–4800   | прозрачный, пакетный                            | 10 мВт                                 |
| «ЭРИКА-9600» (ЗАО «Уральские радиостанции», г. Ижевск)             | 433,92±0,2%; 433–434  | FFSK            | 2400; 4800; 9600                                  | прозрачный, пакетный                            | 10 мВт                                 |
| «Интеграл-433/2400» (ООО «Интеграл+», г. Казань)                   | 433,92±0,2%; 433–434  | FSK             | 1200–2400 (9600)                                  | пакетный  | 1,5–100 мВт                            |
| «Интеграл-433/4800» (ООО «Интеграл+», г. Казань)                   | 433,92±0,2%; 433–434  | FSK             | 1200–4800 (19200)                                 | пакетный  | 1,5–100 мВт                            |
| «Спектр 48 MSK» (ООО «Ратеев», г. Москва, Зеленоград)              | 433,92±0,2%; 433,05–434,79                                    | MSK             | 1200; 2400; 4800                                  | прозрачный, пакетный, командный                 | 5–10 Вт голосовая р/станция            |
| «Спектр 9600GM» (ООО «Ратеев», г. Москва, Зеленоград)              | 401–406; 412–427; 433–447; 450–469                            | GFSK            | 4800; 9600 (14400; 19200)                         | прозрачный, пакетный, ретранслятор              | 0,25–3,5 Вт                            |
| «Интеграл 400», «Integral 400» (ГОУ МТУСИ, ЗАО «НИРИТ», г. Москва) | 401–406; 412–417; 422–427; 433–450; 453–460; 463–469; 470–486 | GMSK            | 9600 или 19200 (9600–115200)                      | прозрачный, пакетный, IP (TCP/IP), ретранслятор | 100 мВт; до 5 Вт; 10 Вт; 15 Вт; 25 Вт; |
| «Integral-R» (ООО «Телеметрия БТТ», г. Москва)                     | 136–174; 401–469;   | GMSK            | 2400–19200  | прозрачный, пакетный, ретранслятор              | 1–5 Вт                                 |
| «Интеграл-450/2400» (ООО «Интеграл+», г. Казань)                   | 403–470   | FFSK            | 1200–4800 (19200)                                 | пакетный (адресный), ретранслятор               | 2,5 Вт                                 |
| «Сократ» (ОАО «Завод «Автоприбор», г. Владимир)                    | 146–174; 420–430; 433–434; 460–470                            | GMSK, DQPSK 1/4 | 1200–19200 (28800)                                | прозрачный, ретранслятор, адаптивный (ПЛИС)     | 1–5 Вт                                 |
| «Гранит-PM» (ЗАО «Сантэл», г. Москва)                              | 433,92±0,2%; 433–434  | MSK             | 2400; 4800  | прозрачный, пакетный                            | 1–5 Вт, р/ст «Гранит Р-302»            |
| «Гранит-Р-43 АЦ» (ЗАО «Сантэл», г. Москва)                         | 146–174   | FSK             | 1200; 2400; 4800                                  | прозрачный, пакетный                            | 1–5 Вт                                 |
| «Радиомодем RS232» (БГТУ, г. Минск, Беларусь)                      | 403–470; 810–940  | GMSK            | 19200   | прозрачный, пакетный                            | 5–20 мВт                               |
| «Контакт-УТ-322» (ООО «УралТелеком», г. Пермь)                     | 433,92±0,2% или к радиостанции                                | FFSK; GMSK      | 1200; 2400; 4800                                  | пакетный  | 10 мВт р/ст. 1–5 Вт                    |
| «МОСТ-М» (Ижевский радиозавод, ТД, г. Ижевск)                      | 146–174; 450–470  | GMSK            | 1200–9600   | прозрачный, пакетный                            | 5; 10; 20 Вт                           |
| «PM201» (ОАО НПК «РИТМ», г. Краснодар)                             | 146–174   | GMSK            | 1200; 2400; 4800                                  | прозрачный, пакетный                            | 1; 2; 5 Вт                             |
| «СИГНАЛ» (ООО «НавГеоКом», г. Москва)                              | 146–174   | GMSK            | 1200; 2400; 4800                                  | прозрачный, пакетный                            | 1; 2; 5 Вт                             |
| «Альтавия-110М» (г. Новосибирск)                                   | 146–174   | GMSK            | 1200; 2400; 4800                                  | прозрачный, пакетный                            | 1; 2; 5 Вт                             |
| «Заря-ТМ232/450» (Государственный Рязанский приборный завод, ГРПЗ) | 433,92±0,2%; 390–486  | FSK; BPSK       | 1200; 2400; 4800                                  | прозрачный, пакетный                            | 0,01–2,5; 10 Вт                        |



Технологические радиосети с повышенной надежностью и живучестью строятся с использованием специальных моделей оборудования, имеющих высокие характеристики по отказоустойчивости. Например, в радиотехнических комплексах T-Base/HA (High Availability) и I-Base/HA (табл. 2), предназначенных для использования в качестве базовых станций, реализована отказоустойчивая архитектура, предусматривающая полное дублирование всех компонентов устройства. В составе каждого комплекса используется по два радиомодема T-Base или I-Base, работающих на едином антенно-фидерном устройстве. Один из радиомодемов находится в «горячем» резерве и в случае выхода из строя основного радиомодема автоматически берет на себя выполнение его функций. В такой конфигурации коэффициент исправного действия

связи радиотехнического комплекса составляет не менее 99,99%.

Снижение среднего времени устранения неисправности в работе оборудования и устранения сбоев в работе радиосети достигается за счет использования средств автоматического мониторинга и диагностики технического состояния оборудования, поддержания квалификации обслуживающего персонала на должном уровне и создания резерва оборудования и запасных частей.

### Радиомодемы для подвижных технологических радиосетей

В составе подвижных технологических радиосетей используются радиомодемы, устанавливаемые на стационарных (базовые станции) и подвижных объектах. К каждому из таких модемов предъявляются требования, обуслов-

ленные их функциональным назначением и условиями эксплуатации [5].

Радиомодемы базовых станций (БС) подвижной технологической радиосети представляют собой специализированное радиотехническое оборудование, предназначенное для эксплуатации в стационарных условиях. В современных радиосетях они обеспечивают реализацию функций, связанных с надежной работой радиосети с постоянно меняющейся конфигурацией и условиями приема сигнала. Данные функции включают в себя автоматический перевод подвижных объектов из оперативной зоны одной БС в оперативную зону другой, гарантированное доведение передаваемых сообщений собственными встроенными средствами, автоматическое распределение нагрузки в радиосети и многие другие функции, связанные с ее работой.

Таблица 2. Характеристики радиомодемов для стационарных технологических радиосетей обмена данными зарубежного производства

| Наименование радиомодема (производитель)                          | Рабочий диапазон частот, МГц    | Вид модуляции              | Скорость передачи информации, бит/с | Тип протокола  | Выходная мощность передачи, Вт | Чувствительность приема                 |
|---|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------|---|
| «DFM 10R» (Digades, Германия)                                     | 433,25–434,60                   | GMSK                       | 1200–9600                           | пакетный   | 10 мВт                         | –108 дБм; BER $1 \times 10^{-6}$        |
| Dataradio «T-96SR», «T-96SR/F» (CalAmp, США)                      | 132–174;<br>380–512;            | DRCMSK                     | 4800; 9600; 19200                   | прозрачный, ретранслятор                             | 1–5                            | 0,35 мкВ для соотношения с/ш 12 дБ      |
| Dataradio «T-Base» (CalAmp, США)                                  | 132–174;<br>380–512             | DRCMSK                     | 4800; 9600; 19200                   | прозрачный, дуплексная базовая станция, ретранслятор | 1–5                            | 0,35 мкВ для соотношения с/ш 12 дБ      |
| Dataradio «T-Base/HA» в отказоустойчивом исполнении (CalAmp, США) | 132–174;<br>380–512             | DRCMSK                     | 4800; 9600; 19200                   | прозрачный, дуплексная базовая станция, ретранслятор | 1–5                            | 0,35 мкВ для соотношения с/ш 12 дБ      |
| Dataradio «Integra-TR», «Integra-TR/F» (CalAmp, США)              | 132–174;<br>380–512             | DRCMSK                     | 2400; 4800; 9600; 19200             | прозрачный, ретранслятор                             | 1–5                            | 0,35 мкВ для соотношения с/ш 12 дБ      |
| Dataradio «I-Base», (CalAmp, США)                                 | 132–174;<br>380–512             | DRCMSK                     | 4800; 9600; 19200                   | прозрачный, дуплексная базовая станция, ретранслятор | 1–5                            | 0,35 мкВ для соотношения с/ш 12 дБ      |
| Dataradio «I-Base/HA» в отказоустойчивом исполнении (CalAmp, США) | 132–174;<br>380–512             | DRCMSK                     | 4800; 9600; 19200                   | прозрачный, дуплексная базовая станция, ретранслятор | 1–5                            | 0,35 мкВ для соотношения с/ш 12 дБ      |
| Dataradio «Integra-H» (CalAmp, США)                               | 902–928;                        | DRCMSK                     | 9600–25600                          | прозрачный   | 0,1–1                          | 0,35 мкВ для соотношения с/ш 12 дБ      |
| Dataradio «Viper 100/400/900» (CalAmp, США)                       | 134–174;<br>406–512;<br>902–928 | DRCMSK                     | 4800; 8000; 16000; 32000            | прозрачный   | 0,1–1                          | 0,35 мкВ для соотношения с/ш 12 дБ      |
| «GM3DATA» «MotoTRBO»/TDMA/ (Motorola, США)                        | 136–174;<br>403–470             | GMSK                       | 9600                                | прозрачный, GPS (NMEA), IP (TCP/IP)                  | 1–25                           | <0,22 мкВ для соотношения с/ш 12 дБ     |
| «MDS SD4» (GE MDS, Motorola, США)                                 | 330–400;<br>400–450;<br>450–512 | CPFSK                      | 9600; 19200                         | прозрачный, ретранслятор                             | 0,1–5                          | <0,22 мкВ для соотношения с/ш 12 дБ     |
| «MDS 1710 A, C», «MDS 4710 A, C» (GE MDS, Motorola, США)          | 132–174;<br>330–512             | CPFSK                      | 9600; 19200                         | прозрачный, ретранслятор                             | 0,15                           | <0,22 мкВ для соотношения с/ш 12 дБ     |
| «PDLRXO™» (Pacific Crest Co, Канада)                              | 450–470                         | GMSK; GMSK;<br>4 Level FSK | 4800; 9600; 19200                   | прозрачный, пакетный                                 | 0,1–5                          | <0,22 мкВ для соотношения с/ш 12 дБ     |
| «PDL™», «EDL» (Pacific Crest Co, Канада)                          | 450–470                         | GMSK; GMSK;<br>4 Level FSK | 4800; 9600; 19200                   | прозрачный   | 0,1–2                          | –110 дБм; BER $1 \times 10^{-5}$        |
| «RFM96» (Pacific Crest Co, Канада)                                | 136–174;<br>400–512             | GMSK; GMSK                 | 4800; 9600                          | прозрачный   | 2–35                           | –100 дБм; BER $1 \times 10^{-5}$        |
| «SD125» (Maxon, США)  | 148–174;<br>400–430;<br>440–470 | FSK или CTCSS              | 1200–9600                           | прозрачный, пакетный, ретранслятор                   | 1–5                            | 0,25 0,35 мкВ для соотношения с/ш 12 дБ |
| «SD160, SD170» (Maxon, США)                                       | 148–174;<br>450–490             | FSK или FFSK               | 4800; 9600                          | прозрачный, пакетный, ретранслятор                   | 1–5                            | 0,25 мкВ для соотношения с/ш 12 дБ      |
| «DM70 DataMax» (Maxon, США)                                       | 147–174;<br>400–430;<br>439–470 | FSK или FFSK               | 1200; 2400                          | прозрачный, пакетный, ретранслятор                   | 1–5                            | <0,28 мкВ для соотношения с/ш 12 дБ     |
| «Satellite-2ASc» (SATEL, Финляндия)                               | 400–470                         | GMSK                       | 300–4800                            | прозрачный, пакетный                                 | 1–5                            | <0,22 мкВ для соотношения с/ш 12 дБ     |
| «Satellite-2ASxE» (SATEL, Финляндия)                              | 380–470                         | GMSK                       | 1200–9600                           | прозрачный, пакетный, ретранслятор                   | 1–10                           | <0,22 мкВ; 12 дБ SINAD                  |
| «Satellite-3ASd» (SATEL, Финляндия)                               | 400–470;<br>869,4–869,65        | GMSK                       | 1200–19200                          | прозрачный, пакетный, ретранслятор                   | 1–10; 0,1–1                    | <0,22 мкВ для соотношения с/ш 12 дБ     |
| «TS-4000» (Teledesign, США и Канада)                              | 136–174;<br>380–512             | GMSK                       | 300–19200                           | прозрачный   | 5                              | –104 дБм; BER $1 \times 10^{-6}$        |
| «CDA 70» (Conel, Чехия)   | 136–174;<br>403–470             | FFSK; GMSK                 | 10800; 21700                        | прозрачный, пакетный, ретранслятор                   | 0,01–5                         | –114 дБм для соотношения с/ш 12 дБ      |

Радиомодемы для подвижных объектов представляют собой специализированное радиотехническое оборудование, предназначенное для эксплуатации на борту подвижных средств и обеспечивающие работу со стационарной базовой станцией и между собой.

Надежность функционирования подвижной технологической радиосети частично обеспечивается встроенными средствами оборудования.

Современные подвижные радиосети строятся на специализированных радиомодемах. Основные свойства этих устройств:

- «Пакетный» режим работы (используется встроенный протокол, обеспечивающий функционирование оборудования в составе системы с архитектурой «точка — много точек» с постоянно изменяемыми конфигурацией и передаваемым подвижными объектами объемом данных).
- Относительно высокая скорость обмена данными (пакетная передача и дополнительные методы повышения надежности доведения информации связаны с увеличением объема служебной информации и общего объема данных в радиосети. Пропускная способность радиоканала в таком режиме значительно ниже, чем в «прозрачном» на аналогичной скорости).
- Малое время доступа к радиоканалу (основное время при передаче затрачивается на выполнение процедур связи, поскольку объем данных, передаваемых от подвижных объектов за один сеанс связи, относительно мал и обычно составляет десятки байт).
- Высокая пропускная способность (в составе системы может функционировать значительное количество объектов, взаимодействие с которыми должно производиться за короткий промежуток времени, обычно от нескольких десятков секунд до десятков минут).
- Относительно высокая выходная мощность (постоянно изменяемые условия приема и работа на отраженном от местных предметов сигнале требуют более высокой

по сравнению со стационарными радиосетями выходной мощности оборудования).

- Работа оборудования базовой станции в дуплексном режиме (что позволяет сократить период опроса в системах с множеством подвижных объектов, общее количество которых в зоне действия каждой БС радиосети постоянно изменяется. Подвижные объекты в этом случае используют полудуплексное оборудование.).
- Удаленная диагностика и настройка (поскольку создаваемые системы размещаются, как правило, на обширной территории, наличие данной функции позволяет обеспечить их надежное функционирование и снизить затраты на обслуживание в процессе эксплуатации).
- Более высокая по сравнению с радиомодемами для стационарных радиосетей надежность доставки информации в условиях постоянно меняющихся характеристик среды передачи. (в аппаратуре передачи данных реализуются специальные программно-технические решения, направленные на увеличение вероятности их доведения до адресатов).
- Высокая достоверность данных (использование помехоустойчивого кодирования и функции коррекции ошибки).
- Использование встроенных протоколов обмена данными, реализующих различные варианты взаимодействия с подвижными объектами (инициатором сеанса связи может выступать как базовая станция, так и подвижный объект).
- Обширная оперативная зона (в большинстве случаев в составе подвижной технологической радиосети используется несколько базовых станций, обеспечивающих согласованную работу в единой оперативной зоне).
- Поддержка продолжительной работы в 100% цикле (непрерывная работа на излучение при передаче больших объемов информации).
- Низкая стоимость эксплуатации (основные затраты на создание технологической радиосети связаны с ее развертыванием,

затраты на этапе эксплуатации должны быть относительно низкими).

- Простота в расширении радиосети (расширение должно производиться без замены используемого оборудования).
- Эксплуатация в более жестких, по сравнению с радиомодемами для стационарных технологических радиосетей, условиях.

Основными пользователями подвижных технологических радиосетей обмена данными являются транспорт, промышленность и силовые структуры, где они применяются для оперативного и диспетчерского управления, дистанционного мониторинга и навигации, обеспечения аварийно-ремонтных работ и действий по ликвидации последствий происшествий и чрезвычайных ситуаций как в районах с хорошо развитой инфраструктурой связи, так и в труднодоступных районах, в которых такая инфраструктура развита слабо или полностью отсутствует.

Наиболее широкое распространение такие радиосети получили на предприятиях пассажирского и специального автомобильного транспорта, включая подземный, в правоохранительных органах и вооруженных силах, на станциях скорой медицинской помощи, в службах поиска и спасения, на предприятиях топливно-энергетического комплекса (аварийно-ремонтные бригады и подвижные средства контроля), в горнодобывающей промышленности (управление большегрузными самосвалами и погрузочной техникой в карьерах и разрезах), на авиационном, железнодорожном и морском транспорте.

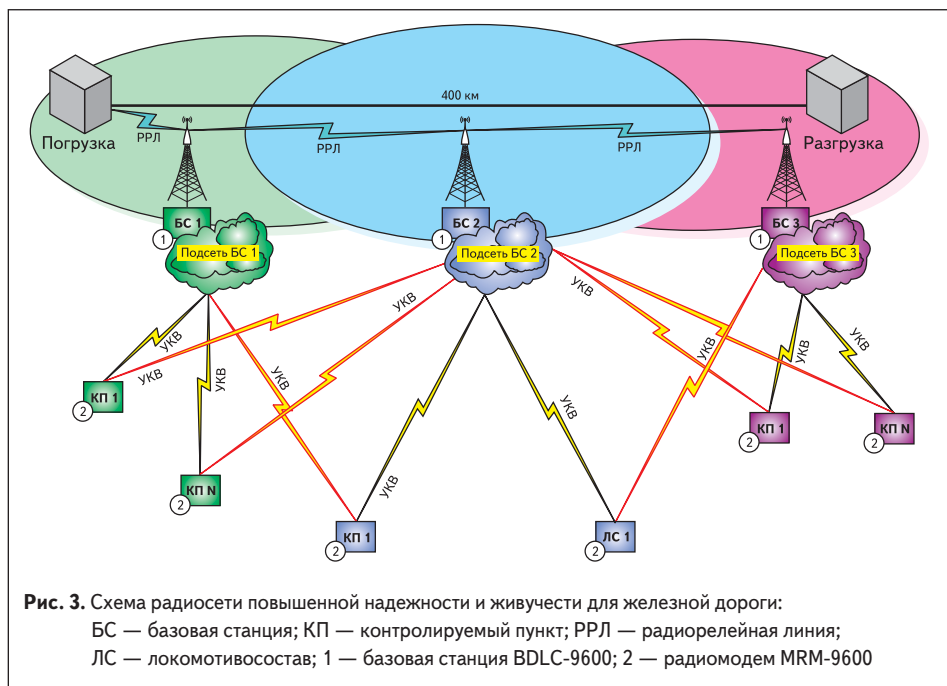
Основные характеристики радиомодемов для создания подвижных технологических радиосетей обмена данными представлены в таблице 3.

Применяемое в составе подвижных технологических радиосетей оборудование эксплуатируется в более жестких, по сравнению со стационарными радиосетями, условиях и режимах. Обычно они строятся как интегрированные системы, использующие разнотипное стационарное и подвижное оборудование, к каждому из которых предъявляются различные требования по надежности и живучести,

Таблица 3. Характеристики специализированных радиомодемов для подвижных технологических радиосетей обмена данными зарубежного производства<sup>2</sup>

| Наименование радиомодема (производитель)   | Рабочий диапазон частот, МГц | Вид модуляции                 | Скорость передачи информации, бит/с | Тип протокола                       | Выходная мощность передачи, Вт | Чувствительность приема                                    |
|--|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--|
| Dataradio «GeminiPD+», бортовой радиомодем с встроенным навигационным приемником (CalAmp, США) | 403–460; 450–512             | DGMSK; SRRC4FSK               | до 64000                            | пакетный, протокол DBA или IP       | 10–45                          | –116 дБм для соотношения с/ш 12 дБ, BER $1 \times 10^{-9}$ |
| Dataradio «ParagonPD+» (CalAmp, США)   | 403–460; 450–512             | DGMSK; SRRC4FSK               | до 64000                            | пакетный, протокол DBA или IP       | 50–100                         | –116 дБм для соотношения с/ш 12 дБ, BER $1 \times 10^{-9}$ |
| Dataradio «GeminiG3», бортовой радиомодем с встроенным навигационным приемником (CalAmp, США)  | 403–460; 450–512             | SRRC4FSKS; RRC8FSK; SRRC16FSK | до 64000; до 128000 (канал 50 кГц)  | пакетный, протокол IP               | 10–45                          | –98–110 дБм, BER $1 \times 10^{-9}$                        |
| Dataradio «ParagonG3» (CalAmp, США)  | 403–460; 450–512             | SRRC4FSKS; RRC8FSK; SRRC16FSK | до 64000; до 128000 (канал 50 кГц)  | пакетный, протокол IP               | 50–100                         | –98–110 дБм, BER $1 \times 10^{-9}$                        |
| «GM3DATA» «MotoTRBO» (Motorola, США)   | 136–174; 403–470             | GMSK                          | 9600                                | прозрачный, GPS (NMEA), IP (TCP/IP) | 1–25                           | <0,22 мкВ для соотношения с/ш 12 дБ                        |
| «IPSeries 64» (IPMobileNet, США)   | 350–380; 400–512             | 4FSK; 8FSK; 16FSK             | до 64000                            | пакетный, DNP или IP                | до 40                          | –118 дБм для соотношения с/ш 12 дБ, BER $1 \times 10^{-9}$ |

<sup>2</sup> Данные о производстве данного типа оборудования на территории Российской Федерации отсутствуют. В перечень включено только полнофункциональное специализированное оборудование для создания подвижных радиосетей, доступное в России. В отдельных приложениях и проектах для работы с подвижными объектами могут применяться некоторые радиомодемы для стационарных радиосетей, представленные в таблицах 1 и 2.



безусловное выполнение которых закладывается уже на этапе разработки и производства.

### Примеры построения узкополосных технологических радиосетей обмена данными повышенной надежности и живучести

Представленные ниже варианты повышения надежности и живучести технологических радиосетей обмена данными основываются на применении избыточности программно-технических средств и отказоустойчивой архитектуры радиосетей, предусматривающей автоматическое восстановление работоспособности в случае аварий и сбоев в функционировании радиосети. Информация касается реализованных, спроектированных и перспективных радиосетей обмена данными для ответственных приложений.

### Интегрированная подвижная и стационарная радиосеть для промышленного железнодорожного транспорта

Работа железнодорожного транспорта связана с повышенной опасностью и ответственностью. В связи с этим все системы управления движением и сбора данных об оперативном и техническом состоянии подвижного состава и напольной автоматики на контролируемой ж/д сети имеют полное (двойное или тройное) дублирование. Схема радиосети повышенной надежности и живучести представлена на рис. 3.

Схема разработана и применяется в системе диспетчерского управления на участке путей протяженностью около 400 км на одном из предприятий промышленного железнодорожного транспорта для управления ж/д составами увеличенной длины (до 200 вагонов). Радиосеть работает на скорости 9600 бит/с. Система управления решает задачи мониторинга подвижных объектов и контроля работы напольной автоматики, включая:

- выявление перегрева колесной пары;

- контроль состояния и управление стрелочными переводами;
- контроль местоположения локомотива по данным спутниковой навигации;
- автоматическое обнаружение схода вагона;
- автоматическое обнаружение дефектов колесной пары.

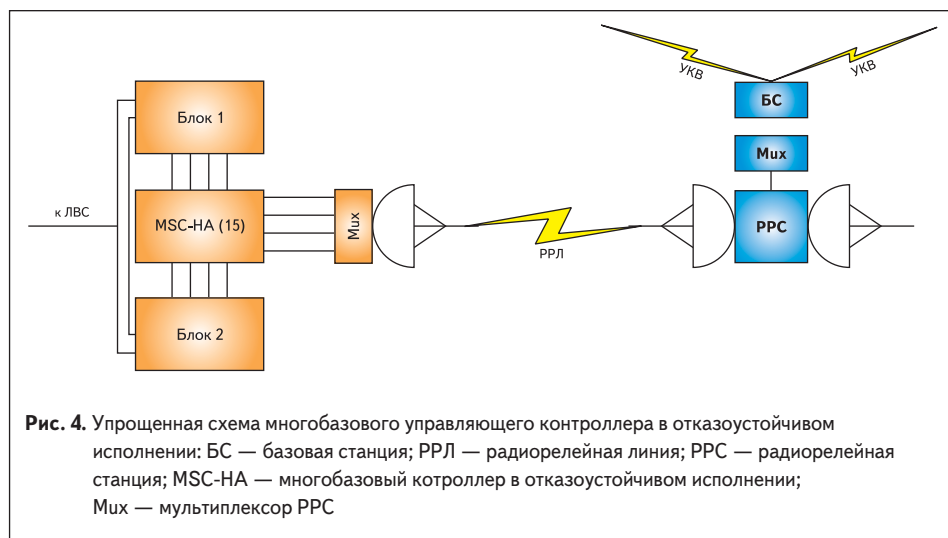
Оперативная зона радиосети формируется 13 базовыми станциями (БС), работающими на пяти парах радиочастот (использование радиочастот чередуется). Под управлением системы находится 71 объект напольной автоматики и 28 локомотивосоставов. Каждая БС подключена к центру диспетчерского управления по выделенному радиорелейному каналу связи. Оперативные зоны соседних базовых станций имеют 100% перекрытие, что обеспечивает возможность подключения любого из устройств напольной автоматики к одной из двух БС. В случае нарушения работы одной из них подключенные к удаленным устройствам напольной автоматики радиомодемы автоматически переключаются на работу со второй БС (функция автоматического перехода на резервный канал связи

является стандартной для радиомодемов для подвижных радиосетей обмена данными). Подключенные к радиосети устройства напольной автоматики передают сигналы тревоги в адрес диспетчера с автоматической ретрансляцией его в адрес машиниста по каналам этой же (основной) радиосети. Кроме того, каждое устройство имеет собственный аналоговый голосовой резервный канал с машинистом, который используется для передачи сигналов тревоги непосредственно машинисту в виде голосового сообщения. Автоматическое управление радиосетью выполняет многобазовый контроллер в отказоустойчивом исполнении со 100% дублированием, имеющий в своем составе два блока, каждый из которых способен управлять 15 базовыми станциями. Упрощенная схема многобазового управляющего контроллера в отказоустойчивом исполнении представлена на рис. 4.

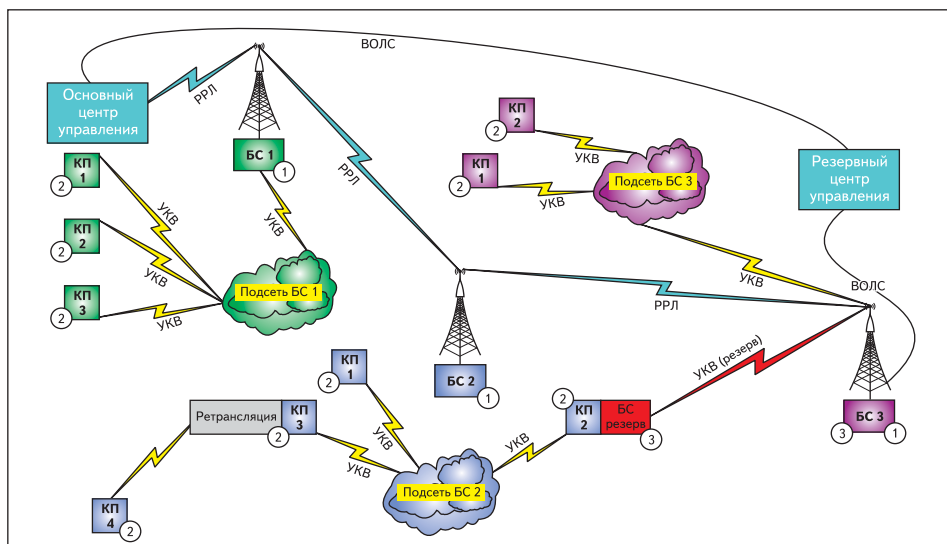
Таким образом, в системе управления предусмотрена не только возможность перехода на резервный комплект оборудования в случае аварии, но и ручное переключение на резервный порт ввода/вывода данных на основном комплекте в случае выхода из строя одного из портов. Работа основной радиосети, обеспечивающей двойное перекрытие каждой оперативной зоны, дублируется работой резервной аварийной радиосети оповещения машиниста.

### Реализация стационарной технологической радиосети обмена данными повышенной надежности и живучести на радиомодемах Dataradio I-Base-NA /Integra-TR

В настоящее время в составе стационарных технологических радиосетей управления телемеханикой на объектах топливно-энергетического комплекса и предприятиях трубопроводного транспорта на территории Российской Федерации и государств СНГ широко применяются радиомодемы Dataradio Integra-TR. Данные радиомодемы обладают высокими характеристиками надежности (среднее время наработки на отказ свыше 540 тыс. часов, среднее время устранения неисправности (при наличии запасных частей) — 30 мин.). Они входят в состав радиотехнической платформы, включающей в себя оборудование для базовых станций (I-Base) и удаленных контролируемых объектов (Integra-TR). Технические



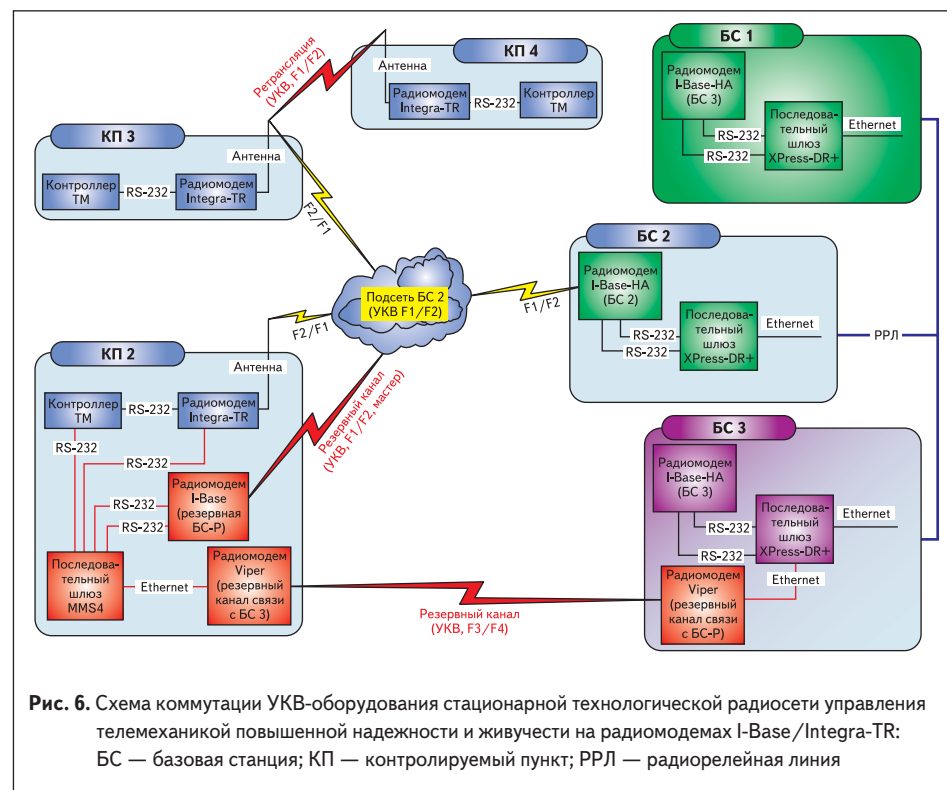




**Рис. 5.** Схема стационарной технологической радиосети управления телемеханикой повышенной надежности и живучести на радиомодемах I-Base/Integra-TR: БС — базовая станция; ВОЛС — волоконно-оптическая линия связи; КП — контролируемый пункт; РРЛ — радиорелейная линия; 1 — радиомодем I-Base; 2 — радиомодем Integra-TR; 3 — радиомодем Viper-100/400

характеристики оборудования позволяют строить технологические радиосети обмена данными повышенной надежности и живучести, обладающие свойствами автоматического восстановления работоспособности в случае выхода из строя отдельных элементов радиосети. На рис. 5 представлен вариант реализации такой сети для отдельного участка системы управления телемеханикой нефтепровода (общая протяженность трубопровода составляет более 3500 км, скорость обмена данными — 19200 бит/с). Схема коммутации УКВ-оборудования стационарной технологической радиосети управления телемеханикой повышенной надежности

и живучести на радиомодемах I-Base/Integra-TR представлена на рис. 6. Техническое решение подготовлено для реализации на участке трубопровода протяженностью около 60 км, проходящего в сейсмоопасной зоне, где существует угроза одновременного выхода из строя всего оборудования базовой станции (БС-2) на одной из позиций. Технологическая радиосеть управления телемеханикой функционирует на скорости 19200 бит/с. БС-2 обеспечивает управление телемеханикой четырех контролируемых пунктов. Связь с КП-4 осуществляется через ретранслятора. Позиция КП-2 находится в зоне



**Рис. 6.** Схема коммутации УКВ-оборудования стационарной технологической радиосети управления телемеханикой повышенной надежности и живучести на радиомодемах I-Base/Integra-TR: БС — базовая станция; КП — контролируемый пункт; РРЛ — радиорелейная линия

прямой радиовидимости с позицией КП-3 и КП-1 (на схеме не указан). Связь между КП-2 и БС-3 осуществляется по выделенному радиоканалу.

На КП-2 развернут комплект резервной базовой станции (БС-Р), обеспечивающий функционирование через единое антенно-фидерное устройство. БС-Р подключается к соседней базовой станции БС-3 по среднескоростному выделенному каналу обмена данными посредством радиомодемов Viper-100/400 по IP-протоколу. Коммутация аппаратуры БС-Р и КП-2 выполнена с использованием преобразователей интерфейсов RS-232 – Ethernet: 4-портовый Lantronix MMS4 для подключения радиомодема Dataradio Integra-TR и I-Base на позиции КП-2 и 2-портовый Lantronix XPress-DR+ для сопряжения аппаратуры БС-3 с каналом связи с БС-Р через радиомодем Viper-100/400. Двухпортовый Lantronix XPress-DR+ имеет резервированный канал Ethernet, обеспечивающий его подключение одновременно по двум портам. В полной комплектации схема предусматривает дополнительное дублирование преобразователей интерфейсов и аппаратуры обмена данными.

Все базовые станции радиосети (за исключением резервной) реализованы на радиомодемах I-Base-NA, имеющих 100% дублирование и обладающих повышенной надежностью и живучестью. В случае выхода из строя одного из комплектов оборудования данного радиомодема производится автоматический переход на второй комплект, а информация о выходе из строя направляется дежурному инженеру связи.

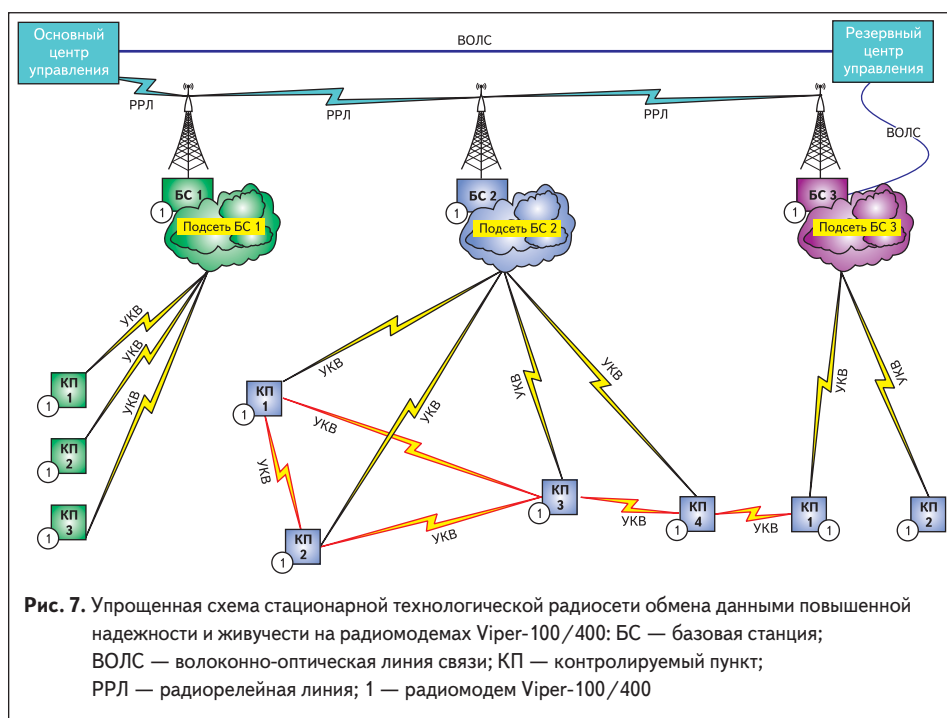
Подключение каждого комплекта оборудования производится по двум портам RS-232: первый используется для связи с устройствами телемеханики, второй — для передачи диагностической информации о текущем состоянии всех радиомодемов в составе радиосети в масштабе времени, близком к реальному. По второму порту обеспечивается также удаленная настройка радиомодемов на БС и КП (выполняется в период технологических перерывов связи).

Обработка данных о текущем техническом состоянии выполняется средствами программно-технического комплекса диагностики радиосети, возможности которого будут описаны ниже.

### Реализация стационарной технологической радиосети обмена данными повышенной надежности и живучести на радиомодемах Viper 100/400

Радиомодем Viper-100/400 относится к последнему поколению оборудования и имеет развитый интерфейс, включающий в себя два последовательных порта RS-232 (информационный и для диагностики и настройки) и один порт RJ-45 Ethernet. Обмен данными в радиосети производится с использованием адаптированного IP-протокола (реализована фильтрация части избыточной служебной информации и аппаратное сжатие данных), что делает его полностью «прозрачным» для любого программного обеспечения, использующего IP-протокол.

В отличие от «прозрачных» радиомодемов, в данном устройстве используется встроенный пакетный протокол, который обеспечивает не только возможность работы в составе радиосети по инициативе любого подключенного к ней устройства (как в сети Ethernet),



но и автоматическую маршрутизацию передаваемых пакетов.

Функциональные возможности устройства, связанные с использованием IP-протокола, позволяют создавать на его базе технологические радиосети повышенной надежности и отказоустойчивости с автоматически изменяемыми маршрутами доставки сообщений и возможностью ретрансляции данных (до четырех промежуточных узлов ретрансляции). Наличие выделенного порта для съема диагностической информации позволяет организовать контроль технического состояния устройства в близком к реальному масштабу времени, без существенного ухудшения общей пропускной способности радиосети. Упрощенная схема такой радиосети представлена на рис. 7.

Схема коммутации УКВ-оборудования стационарной технологической радиосети управления телемеханикой повышенной надежности и живучести на радиомодемах Viper-100/400 представлена на рис. 8.

Технологическая радиосеть управления телемеханикой функционирует на скорости 32000 бит/с. БС-2 обеспечивает управление телемеханикой четырех контролируемых пунктов. Связь любого из четырех КП с БС-2 может осуществляться напрямую либо посредством ретрансляции через один или несколько КП. Позиция КП-4 находится в зоне прямой радиовидимости с позицией КП-1 БС-3, что обеспечивает сопряжение всех четырех КП БС-2 с БС-3.

Таким образом, в случае выхода из строя БС-2 радиомодемы Viper-100/400 автоматически изменяют маршруты передачи информации и передают данные через соседнюю базовую станцию (БС-3). Данная схема выглядит гораздо проще, чем схема коммутации технологической радиосети обмена данными на радиомодемах I-Base/Integra-TR, однако для ее реализации требуется обеспечение электромагнитной доступности между позициями всех соседних удаленных контролируемых пунктов.

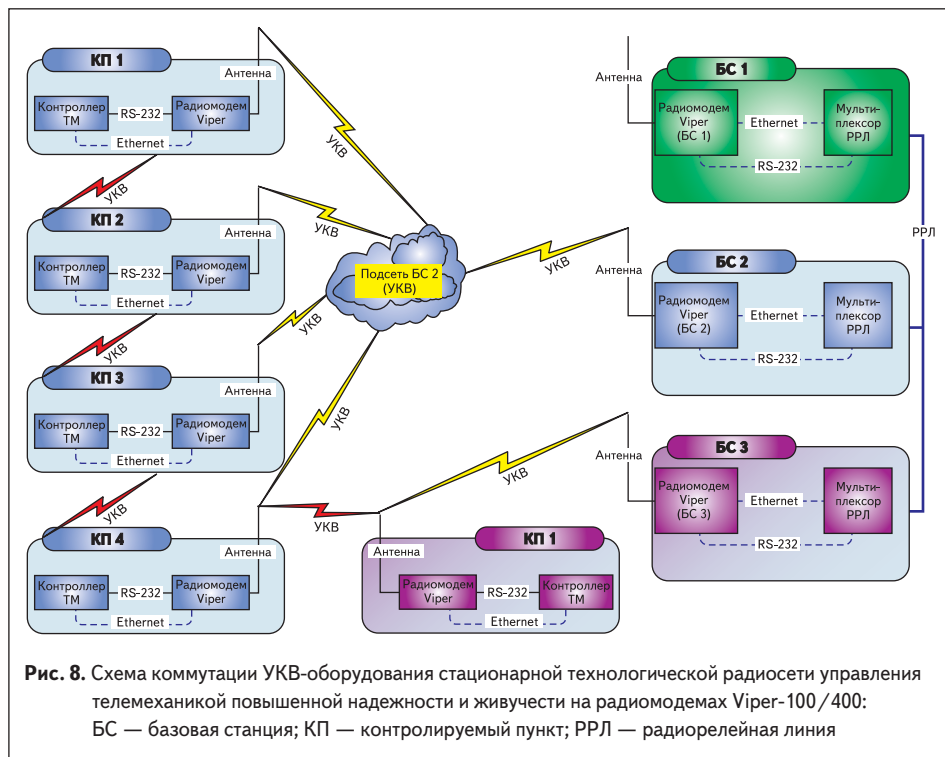
**Реализация подвижной технологической радиосети обмена данными повышенной надежности и живучести на радиомодемах Dataradio ParagonG3/GeminiG3**

Одним из направлений повышения надежности функционирования технологических процессов является их автоматизация с максимальным исключением влияния человеческого фактора на работу системы. На промышленном железнодорожном транспорте перспективным является обеспечение автовождения локомотивосоставов без машиниста на борту (аналогичные варианты управления уже реализованы в метро в ряде государств). Наряду с повышением на-

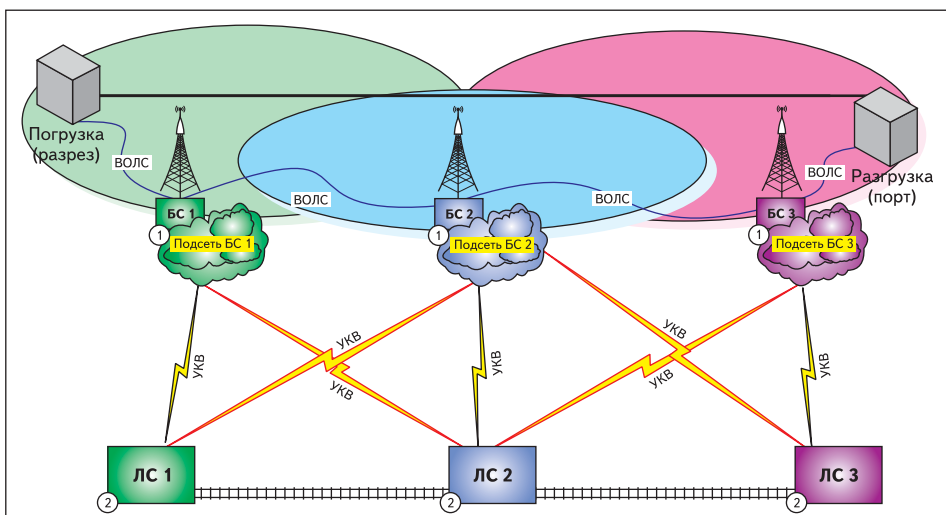
дежности и безопасности работ такой подход связан с получением серьезных экономических и финансовых выгод, поскольку позволяет организовать движение с существенно более короткими интервалами, нежели при регулировании на перегонах. Первый масштабный проект такого рода реализуется компанией Rio Tinto в Австралии на участке путей общей протяженностью 1200 км. Пилотный проект предусматривает организацию движения около 100 локомотивов при управлении из единого диспетчерского центра. Технологическая радиосеть имеет в своем составе 60 базовых станций с полностью перекрывающимися оперативными зонами. Подобная система предъявляет повышенные требования к надежности функционирования радиосети, через которую осуществляется передача управляющих команд на борт локомотива и сбор данных об оперативном и техническом состоянии его подсистем и агрегатов. Упрощенная схема радиосети обмена данными на радиомодемах ParagonG3/GeminiG3 представлена на рис. 9.

Схема коммутации УКВ-оборудования подвижной технологической радиосети управления движением промышленного железнодорожного транспорта повышенной надежности и живучести на радиомодемах ParagonG3/GeminiG3 представлена на рис. 10.

Технологическая радиосеть управления движением промышленного железнодорожного транспорта функционирует на скорости 64000 бит/с и обеспечивает трансляцию телеметрических и навигационных данных с борта локомотивов в адрес диспетчера-оператора, а также запросов и управляющих команд от диспетчера-оператора и управляющего комплекса диспетчерской системы на борт. Перевод локомотива из оперативной зоны одной базовой станции в оперативную зону соседней выполняется автоматически. В случае увеличения объема транслируемых в радиосети данных и возникновения угрозы перегрузки







**Рис. 9.** Упрощенная схема радиосети управления движением промышленного ж/д транспорта повышенной надежности и живучести на радиомодемах ParagonG3/GeminiG3:  
 БС — базовая станция; ВОЛС — волоконно-оптическая линия связи; ЛС — локомотивосостав;  
 1 — радиотехнический комплекс ParagonG3; 2 — радиомодем GeminiG3

каждая базовая станция автоматически распределяет нагрузку и принудительно переключает подвижный объект на соседнюю БС. Протокол обмена данными предусматривает возможность инициативной передачи как со стороны базовой станции, так и с локомотива. В случае потери связи с БС бортовой радиомодем автоматически производит поиск другой базовой станции и выполняет коммутацию с ней. Подключение бортового оборудования производится одновременно по двум интерфейсам: сетевому TCP/IP и последовательному (порт RS-232, диагностическая информация о радиомодеме). Таким образом, современные радиотехнические средства позволяют создавать подвижные технологические радиосети обмена данными повышенной надежности и живучести для от-

ветственных приложений. Опыт эксплуатации таких радиосетей подтверждает эффективность описанной выше схемы радиосети на промышленном железнодорожном транспорте.

**Повышение надежности и живучести технологических радиосетей обмена данными за счет внедрения средств оперативного мониторинга и контроля технического состояния**

Применяемое в составе технологических радиосетей обмена данными радиотехническое оборудование имеет, как правило, очень высокие характеристики надежности. Однако несоблюдение условий (в первую очередь, нестабильные характеристики питающего тока, несоблюдение температурного режима и воздействие влаги) и правил эксплуатации

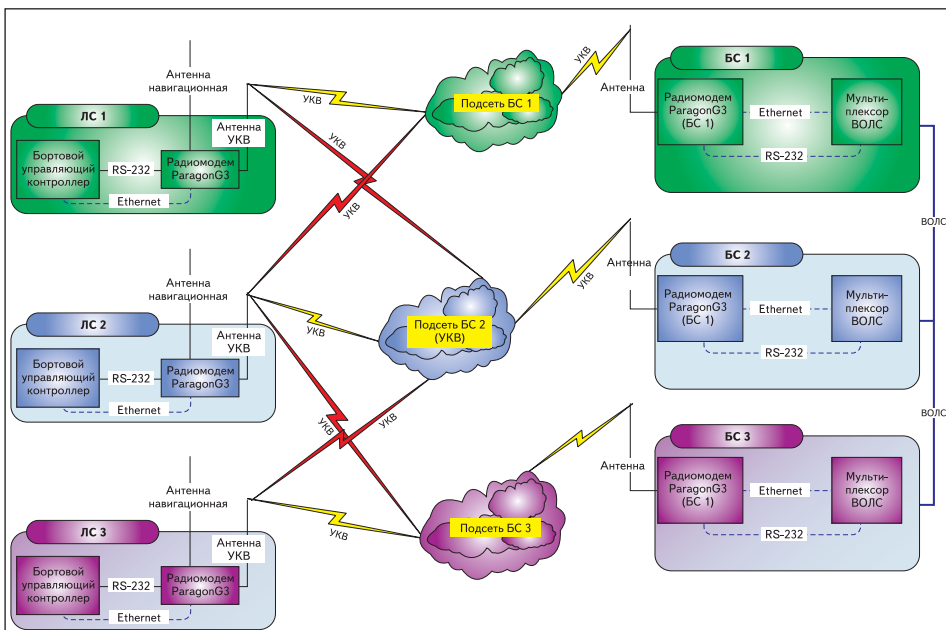
приводят к преждевременному выходу аппаратуры из строя и сбоям в работе радиосетей. С целью дальнейшего повышения надежности функционирования технологических радиосетей используются специальные программные средства оперативного мониторинга и контроля технического состояния радиомодемов. Такие средства позволяют в близком к реальному масштабу времени контролировать рабочие параметры аппаратуры, выявлять отклонения в параметрах работы и — на этой основе — предупреждать о возможных сбоях и выходах из строя. В результате появляется возможность предотвращения сбоев и дорогостоящих долговременных перерывов в работе технологической радиосети за счет своевременной замены и восстановления работоспособности аппаратуры до ее полного выхода из строя. Обычно такие программные средства базируются на использовании встроенной функции автономной диагностики радиомодемов. Одним из известных типовых решений, предназначенных для повышения надежности технологических радиосетей обмена данными, является программно-технический комплекс (ПТК) «Балтика».

ПТК «Балтика» предназначен для мониторинга состояния и поддержания эксплуатационной готовности стационарной технологической радиосети обмена данными УКВ-диапазона на радиомодемах Dataradio T-Base/T-96SR, I-Base/Integra-TR и Viper-100/400 производства американской компании CalAmp. В настоящее время ПТК используется для мониторинга технического состояния аппаратуры радиосетей сбора данных и управления:

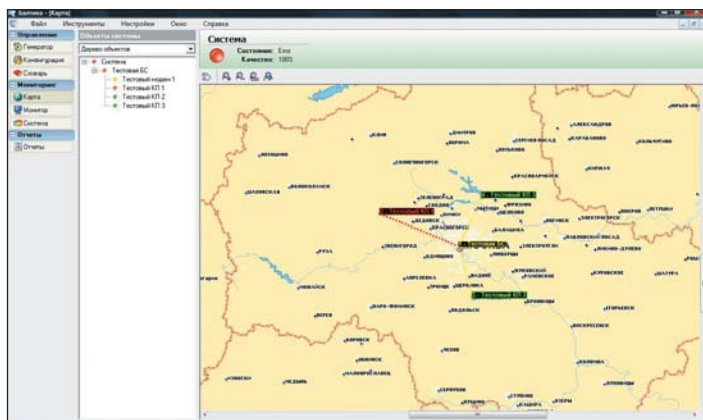
- линейной телемеханикой магистральных продуктопроводов;
- средствами автоматизации районов газо- и нефтедобычи;
- аппаратурой контроля и управления электрическими сетями;
- технологическими процессами в добывающей и перерабатывающей промышленности;
- железнодорожной напольной автоматикой;
- инженерными сетями энерго-, газо-, водо- и теплоснабжения;
- очистными сооружениями;
- шлюзами и заслонками оросительных каналов;
- средствами сбора сейсмической и метеорологической информации;
- устройствами анализа радиационной и химической обстановки.

ПТК состоит из технических средств сопряжения аппаратуры базовых станций технологической радиосети с магистральными каналами передачи данных и программно-технических средств сбора, отображения, обработки и хранения диагностической информации, разворачиваемых в пунктах диспетчерского управления и связи. ПТК обеспечивает автоматический сбор, обработку по заданным алгоритмам в оперативном режиме и отображение данных о состоянии радиосети с привязкой ко времени. Данные о техническом состоянии аппаратуры автоматически передаются с каждым сообщением от удаленного контролируемого пункта на диагностический порт базовой станции, откуда они поступают в обработку. Программа обработки данных производит анализ информации по следующим основным служебным и техническим параметрам:

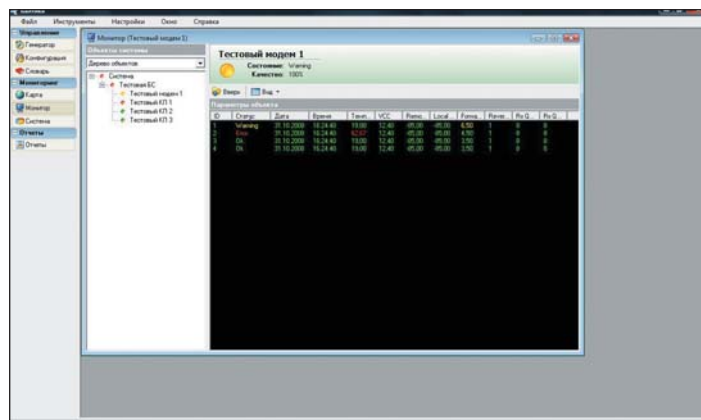
- идентификационный номер устройства;



**Рис. 10.** Схема коммутации УКВ-оборудования подвижной технологической радиосети управления движением промышленного ж/д транспорта повышенной надежности и живучести на радиомодемах ParagonG3/GeminiG



**Рис. 11.** Окно модуля карты с объектами технологической радиосети обмена данными о состоянии объектов системы (информационные панели)



**Рис. 12.** Окно модуля мониторинга состояния объектов системы (консоль)

- температура внутри корпуса;
- напряжение питания;
- уровень сигнала, принимаемого базовой станцией радиосети от удаленного устройства;
- излучаемая мощность передатчика;
- мощность обратной волны.

ПТК «Балтика» позволяет:

- следить за целостностью и качеством каналов технологической радиосети обмена данными;
- контролировать рабочие параметры радиотехнической аппаратуры;
- извещать оператора о нештатной работе каналов обмена данными;
- выявлять сбои в функционировании основной электросети и фиксировать факт перехода на питание от резервной сети (аккумуляторов);
- проводить предварительный расчет зон электромагнитной доступности для объектов технологической радиосети обмена данными.

Программный комплекс имеет архитектуру «клиент-сервер» и функционирует на основе СУБД MS SQL Server, в том числе на вычислительных отказоустойчивых комплексах повышенной надежности и живучести, которые будут описаны ниже.

Проектная емкость ПТК составляет 250 базовых станций и 1000 удаленных контролируемых объектов, сведенных в единую радиосеть с иерархической структурой и распределенной системой управления.

Комплекс обеспечивает формирование и ведение паспортов объектов технологической радиосети, учет их оснащения аппаратурой связи и передачи данных, хранение и получение данных о применяемых вспомогательных технических средствах и антенно-фидерных устройствах. Хранимые в памяти ПТК данные о техническом оснащении объектов связи позволяют сократить сроки восстановления их работоспособности при сбоях и авариях, повышая живучесть радиосети.

Иерархическая структура радиосети формируется автоматически на основе данных, внесенных в базу, и изменяется в интерактивном режиме персоналом, допущенным к выполнению данной функции (рис. 11).

Система разграничения доступа позволяет создавать и сопровождать рабочие профили

пользователей, обеспечивая решение функциональных задач диспетчера и оператора радиосети. Последний имеет доступ к выполнению комплекса аналитических задач с целью оценки параметров работы радиосети и отдельных устройств, функционирующих в ее составе, за определенный период времени. В полном объеме в составе ПТК разрабатываются и функционируют рабочие места диспетчера (дежурного инженера), оператора, администратора и учебное рабочее место.

Программное обеспечение ПТК позволяет воспроизводить работу радиосети за заданный период и использовать его в интересах обучения персонала на реальных данных без вмешательства в текущую работу, обеспечивая выполнение организационных мероприятий, направленных на повышение надежности и живучести радиосети.

ПО ПТК производит сбор, анализ, отображение и архивирование информации, обеспечивая:

- конфигурирование (описание структуры) ПТК мониторинга технологической радиосети обмена данными, установку пороговых значений для измеряемых параметров оперативной диагностики;
- слежение за поступлением данных оперативной диагностики устройств передачи данных на основании их идентификаторов и выдачу сигнала «авария» при пропадании этих данных;
- анализ значений данных оперативной диагностики устройств передачи данных относительно пороговых значений и формирование сигнала «авария» при их выходе за установленные пределы;
- анализ данных оперативной диагностики для косвенного определения исправности абонентских радиомодемов, работающих через удаленные ретрансляторы технологической радиосети обмена данными, не подключенные непосредственно к комплексу мониторинга (рис. 12);
- ведение журнала аварий, формирование и представление отчетов по видам аварий и времени их возникновения;
- анализ изменения данных оперативной диагностики с целью предсказания возможных аварийных ситуаций и сбоев.

Применение программно-технического комплекса «Балтика» повышает оперативность реагирования на возможные сбои в работе технологической радиосети обмена данными и на достоверность информации, используемой при принятии решений по восстановлению ее работоспособности. ПТК обеспечивает снижение эксплуатационных затрат, связанных с поддержанием радиосети в высокой оперативной готовности, оптимизацию технологических процессов за счет распределения обязанностей между подразделениями АСУ и связи при проведении ремонтно-восстановительных мероприятий.

Комплекс позволяет организовать надежную эксплуатацию крупных технологических радиосетей и автоматизировать процесс мониторинга их технического состояния и параметров работы, повышая надежность и безопасность функционирования управляемых и контролируемых объектов.

Таким образом, перспективные программные решения позволяют повысить надежность и живучесть технологических радиосетей обмена данными за счет превентивного выявления возможных сбоев в работе и аварий, сокращения сроков ликвидации их последствий и непрерывного контроля технического состояния радиотехнического оборудования в масштабе времени, близком к реальному. ■

## Литература

1. Федеральный закон «О связи» от 07.07.2003 № 126-ФЗ.
2. ГОСТ 27.002-89. «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения».
3. ГОСТ 34.003-90 «Автоматизированные системы. Термины и определения».
4. Акимов В. Н., Бабин А. И., Шорин А. О. Радиомодемы диапазонов VHF/ UHF в задачах охраны и мониторинга объектов // Спецтехника и связь. 2009. № 1.
5. ГОСТ 12252-86. «Радиостанции с угловой модуляцией сухопутной подвижной службы. Типы, основные параметры, технические требования и методы измерений».