

Техническое извещение 09

## **ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАДИОСЕТЕЙ ОБМЕНА ДАННЫМИ НА БАЗЕ УЗКОПОЛСНЫХ РАДИОМОДЕМОВ УКВ ДИАПАЗОНА**

*В связи с серьезным расширением числа получателей нашего технического бюллетеня и возросшему интересу к технологии узкополосных радиосетей обмена данными диапазона ультракоротких волн (УКВ) возросло количество индивидуальных запросов в технический центр ООО «Независимый исследовательский центр перспективных разработок» (НЦПР). Поскольку значительная часть данных вопросов дублируется, мы приняли решение дать ответы на самые общие из них в виде отдельного технического извещения. Естественно, наши технические специалисты продолжают оказывать консультационную поддержку по индивидуальным запросам.*

Перечень основных прикладных задач, для реализации которых используются технологические радиосети обмена данными, представлен на нашем сайте: <https://flexlab.ru/radio-networks/network-design>. Тем не менее, часто возникает вопрос о том, в каких случаях лучше использовать технологическую радиосеть и какое оборудование выбрать для ее создания.

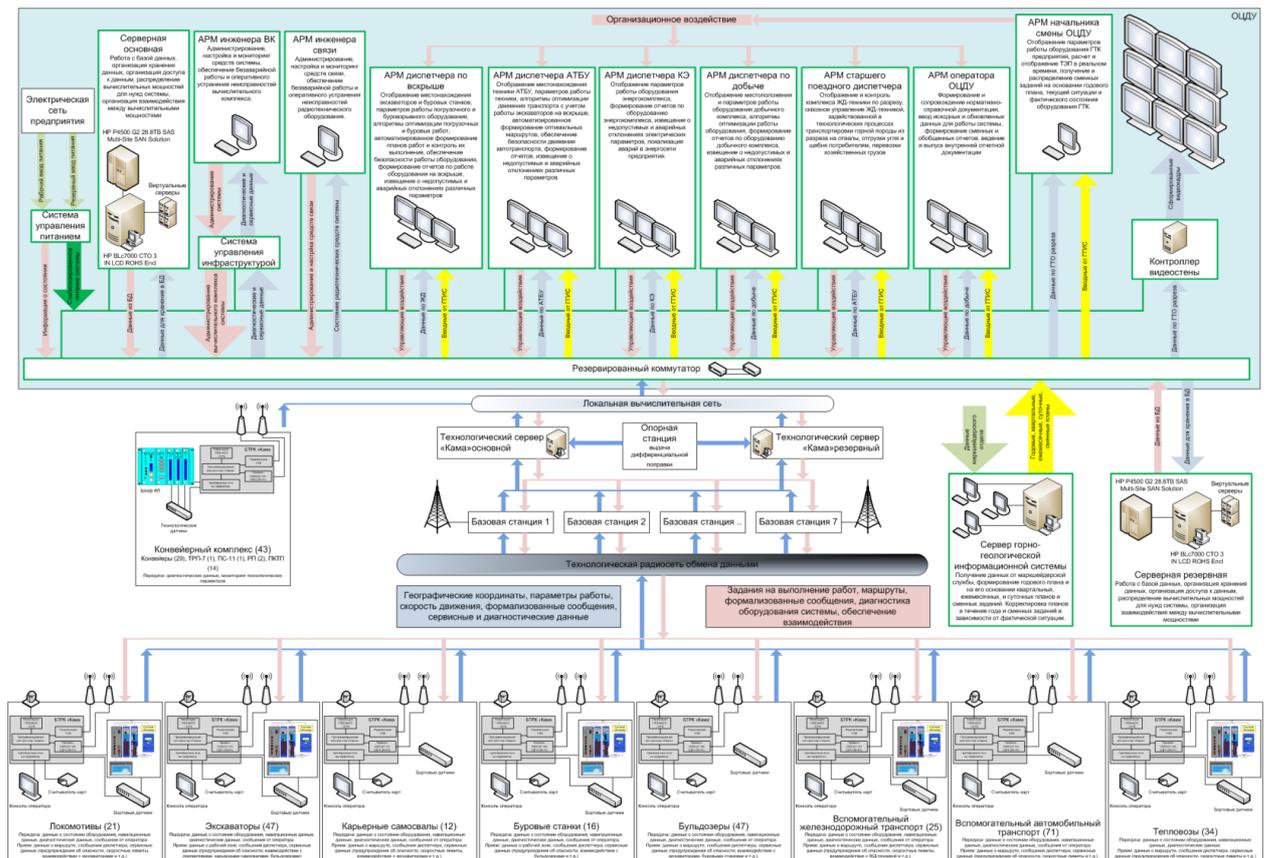


(Фото: <https://www.seetelecom.com/vhf-radio-repeater>)

Обращаясь к технологической радиосети обмена данными, забудьте о серфинге в Интернете – это задача не для нее. Хотя она вполне может интегрироваться с информационной сетью Интернет для доставки данных на верхний уровень и объединения работы нескольких технологических радиосетей. Только всегда необходимо помнить: **технологическая радиосеть обмена данными – это система связи реального**

времени и это ее серьезное преимущество необходимо использовать там, где оно действительно востребовано.

Технологическая радиосеть обмена данными может создаваться как единая для обеспечения функционирования различных технологических комплексов одного предприятия или организации. Ниже представлен пример реализации узкополосной технологической радиосети УКВ диапазона для обеспечения функционирования промышленного автомобильного и железнодорожного транспорта, а также комплекса электроснабжения крупного электроэнергетического предприятия полного цикла.



Функциональная схема интегрированной информационной системы на примере Автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления горнотранспортным комплексом (АСОДУ ГТК) угольного разреза «Восточный» АО «Евразийская энергетическая корпорация»  
(фото: архив ООО «НЦПР»)

Соответственно, подключаемыми к технологической радиосети окончательными устройствами являются программируемые контроллеры и терминалы на нижнем уровне и компьютеры – на верхнем. Первые могут размещаться на земле (под землей), в воздухе (космосе) и на воде (под водой). В случае развертывания радиосети под землей в составе антенно-фидерного устройства может применяться радиоизлучающий кабель. Для обеспечения работы подводных объектов приемопередающая антенна должна находиться над поверхностью.

Подключение конечных устройств производится как по последовательным (RS-232/422/485), так и по сетевому (Ethernet) интерфейсам. Технологическая радиосеть может иметь топологию «точка – точка» и «точка – много точек», в том числе с ретрансляцией. В

связи с этим она легко масштабируется, обеспечивая подключение практически неограниченного количества объектов и расширяя собственную оперативную зону на тысячи километров (крупнейшая из развернутых технологических радиосетей обмена данными имеет зону электромагнитной доступности более 1 млн. кв. км и используется в интересах распределения метеорологической информации на территории США). В Российской Федерации развернута и уже более 10 лет успешно эксплуатируется стационарная технологическая радиосеть, обеспечивающая функционирование объекта общей протяженностью около 5500 км. **Технически количество подключаемых объектов ограничивается только пропускной способностью радиосети и требованиями к допустимым задержкам при доставке информации.**



Угольный разрез «Восточный» АО «Евроазиатская энергетическая корпорация»  
(фото: архив ООО «НЦПР»)

Следует отметить, что технологическая радиосеть может использоваться для подключения как стационарных, так и подвижных, в том числе, высокоскоростных объектов. В первом случае применяются, как правило, так называемые «прозрачные» (телеметрические) радиомодемы, работающие по любому внешнему протоколу обмена данными. Семейство стационарных радиомодемов четвертого поколения включает в себя также пакетирующие модемы, которые используют встроенный IP-протокол.

«Прозрачные» радиомодемы представлены радиотехнической платформой Guardian. Такой радиомодем имеет малое и полностью детерминированное время установления связи, поэтому он наиболее эффективен при построении радиосетей, работающих по принципу опроса. В этом случае полностью исключаются «коллизии» в канале связи.



Аксуская электрическая станция АО «Евроазиатская энергетическая корпорация»  
(фото: архив ООО «НЦПР»)

К «пакетирующим» относятся радиомодемы радиотехнической платформы Viper-SC+. При построении технологической радиосети данное устройство может выступать в качестве IP-маршрутизатора и обеспечивать ретрансляцию данных. Имея одинаковый с радиомодемом Guardian приемопередатчик, ему требуется несколько больше времени для установления связи, хотя обусловленные использованием IP-протокола задержки компенсируются более высокой скоростью обмена данными.

В радиомодеме Viper-SC+ предусмотрена возможность эксплуатации в режиме энергосбережения. Данный режим снижает потребление энергии в 3,5 раза, с 350 до 98 мА, при питании от источника постоянного тока номинальным напряжением 13,8 В. Переход в режим работы с пониженным энергопотреблением занимает не более 0,5, а выход из него – не более двух секунд. Реализация функции энергосбережения позволяет увеличить время работы радиомодема при переходе на электропитание от аккумуляторов в аварийных ситуациях, а также организовать электропитание радиотехнического оборудования от солнечных батарей.

В технологической радиосети среднего масштаба (20-50 объектов) обычно используется подсистема мониторинга технического состояния радиотехнического оборудования в реальном масштабе времени. Такая подсистема позволяет заблаговременно выявлять и предупреждать сбои в работе радиосети и выходы оборудования из строя.

«Пакетирующие» радиомодемы, использующие IP-протокол, имеют функцию удаленного обновления встроенного программного обеспечения. Кроме того, пользователь может дистанционно управлять радиомодемами и подключенными к ним контроллерами, размещенными на значительном удалении от пункта управления. Так, в вышеупомянутом проекте разработчикам удалось организовать надежную связь между собственной технической площадкой в г.Москве и оборудованием, работающем на территории другого государства, по следующей цепочке: сервер стенда главного конструктора в г.Москве - сеть Интернет – сервер в центральном офисе заказчика в г.Павлодаре (Республика Казахстан) – радиорелейная линия «Павлодар – Экибастуз» – сервер заказчика в г.Экибастузе – сервер технологической радиосети – удаленные объекты. При этом общая протяженность линии связи составила около 3000 километров.

Сравнительные технические характеристики радиотехнических платформ Guardian и Viper-SC+ представлены в Таблице 1.

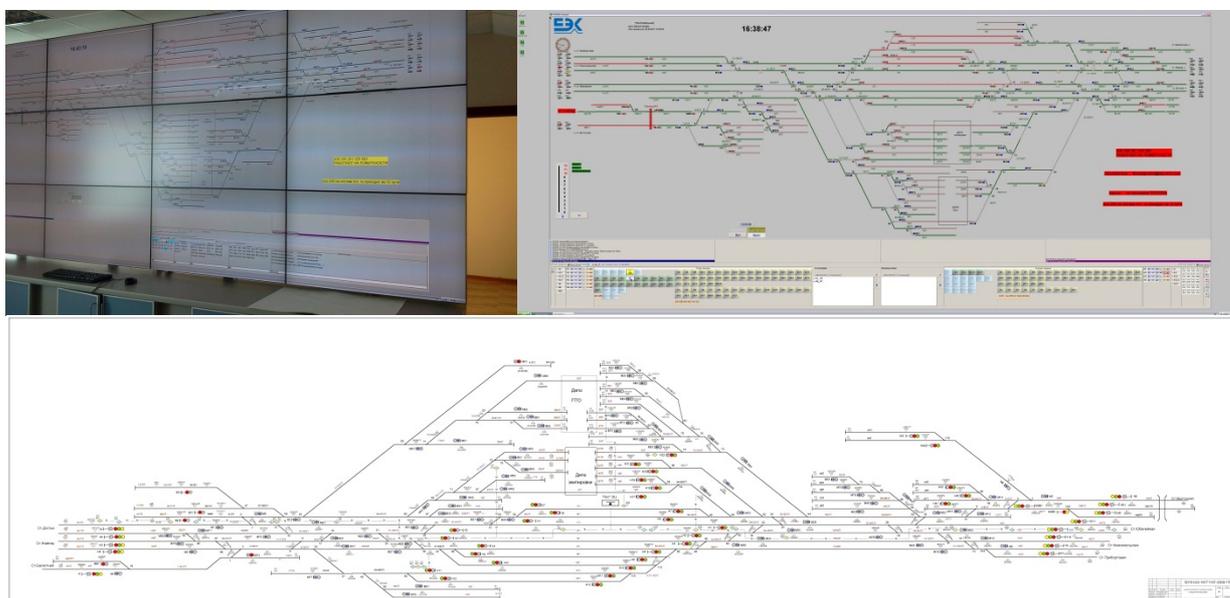
Таблица 1. Сравнительные технические характеристики радиотехнических платформ Guardian и Viper-SC+.

Общие характеристики	Радиомодем Guardian			Радиомодем Viper-SC+			
	ОВЧ	УВЧ	900 МГц	ОВЧ	200 МГц	УВЧ	900 МГц
Общее описание платформы	Включает в себя радиомодем, дуплексный радиомодем с двумя портами, базовую станцию-ретранслятор, работающие в прозрачном режиме.			Включает в себя радиомодем – IP-маршрутизатор, радиомодем – IP-маршрутизатор с двумя портами, базовую станцию-ретранслятор, базовую станцию-ретранслятор повышенной надежности и живучести, работающие по IP-протоколу.			
Диапазон частот, МГц	136-174	406-470, 450-512	928-960	136-174	215-240	406-470 450-512	880-902 928-960
Шаг сетки частот, кГц (настраивается программно)	25 или 12,5 (настраивается программно)			50; 25; 12,5; 6,25	100; 50; 25; 12,5; 6,25	50; 25; 12,5; 6,25	100; 50; 25; 12,5
Тип излучения	9K55F1D, 9K35F1D, 11K6F1D, 14K6F1D, 16K4F1D			3K30F1D; 11K2F1D; 16K5F1D; 17K8F1D; 33K0F1D; 52K7F1D			
Потребляемый ток:							
- прием, мА	360 (10 В); 200 (20 В); 150 (30 В)			450 (10 В); 240 (20 В); 170 (30 В)			
- передача 40 дБм (10 Вт), А	4,6 (10 В); 2,04 (20 В); 1,37 (30 В)			4,6 (10 В); 2, 04 (20 В); 1,37 (30 В)			
- передача 30 дБм (1 Вт), А	1,2-3,6 (10 В); 0,6-1,8 (20 В); 0,4-1,2 (30 В)			1,2-3,6 (10 В); 0,6-1,8 (20 В); 0,4-1,2 (30 В)			
Номинальная задержка при холодном старте, с	20			35			
Рабочее напряжение, В	10-30, постоянный ток			10-30 (постоянный ток)			
Рабочая температура, °С	от -30 до 60			от -40 до +70			
Температура хранения, °С	от -45 до 85			от-45 до +85, без образования конденсата			
Влажность, %	5-95 (без образования конденсата)			5-95, без образования конденсата			
Габаритные размеры, см	13,97 (Ш) x 10,80 (Г) x 5,40 (В)			13,97 (Ш) x 10,80 (Г) x 5,40 (В)			
Масса (в упаковке), кг	1,1			1,1			
Рабочий режим	Симплекс, полудуплекс, дуплекс		Симплекс, полудуплекс	симплекс/полудуплекс			
<b>Приемник</b>							
Чувствительность (вероятность ошибки $1 \times 10^{-6}$ ), дБм:							
- 100 кГц (кбит/с)				-103 (64); -96 (192); -89 (256)		-100 (64); -93 (192); -86 (256)	
- 50 кГц (кбит/с)				-111 (32); -104 (64); -97 (96); -88 (128)		-108 (32); -101 (64);	

								-94 (96); -85 (128)
- 25 кГц (кбит/с)	-100 (19,2), -107 (9,6), -110 (4,8)			-114 (16); -106 (32); -100 (48); -92 (64)			-111 (16); -104 (32); -97 (48); -89 (64)	
- 12,5 кГц (кбит/с)	-107 (9,6), -110 (4,8)			-116 (8); -109 (16); -102 (24); -95 (32)			-112 (8); -106 (16); -99 (24); -90 (32)	
- 6,25 кГц (кбит/с)				-115 (4); -106 (8); -100 (12)				
Подавление помех по соседнему каналу, дБ (кГц)	60 (12,5); 70 (25)			45 (6,25); 60 (12,5); 70 (25); 75 (50); 70 (100)			60 (12,5); 70 (25); 75 (50)	
Интермодуляция, дБ (кГц)	>75			>75				
Избирательность, дБ (кГц)	>60 (12,5); >70 (25)			>70 (25); >60 (12,5); >55 (6,25)				
Время переключения с приема на передачу, мс	<2			<2				
Время переключения между каналами, мс	<15			<15				
<b>Передатчик</b>								
Полоса пропускания без подстройки, МГц	38	64 (406,1-470) 62 (450-512)	32	38	25	64 (406,1-470) 62 (450-512)	32	
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт	1-10		1-8	1-10			1-8	
Время атаки, мс	<1			<1				
Время переключения между каналами, мс	<15			<15				
Импеданс, Ом	50			50				
Цикл работы на передачу, %	100			100				
Стабильность частоты, ppm	1			1	0,5	1	0,5	
Интерфейсы	RS-232 (DB-9F)			2 x RS-232 (DB-9F), 10Base-T RJ-45				
Антенна	TNC (мама) – прием/передача, SMA (мама) – прием (для дуплексных моделей)			TNC (мама) - прием/передача; SMA (мама) - прием (для двухпортовых устройств)				
<b>Модем</b>								
Скорость, кбит/с	4,8; 9,6; 19,2			4; 8; 12; 16; 24; 32; 48; 64; 96; 128; 256				
Индикация	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, прием/передача			Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, прием/передача				
Вид модуляции	2FSK			2FSK, 4 FSK, 8FSK, 16FSK				
Адресация	отсутствует			IP				

В радиомодемах, предназначенных для создания подвижной технологической радиосети обмена данными применяются специализированные встроенные протоколы, поддерживающие функции помехоустойчивого кодирования, включая автоматическое восстановление поврежденных при передаче пакетов данных. Создание такой радиосети является более сложной технической задачей, в связи с этим эту тему целесообразно детально рассмотреть отдельно.

**Технологическая радиосеть является собственностью эксплуатирующих ее предприятий и организаций, поэтому она строится и развивается исходя из реальных потребностей производства и с учетом оптимального обеспечения функционирования автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП). Ее функциональные возможности, оперативная зона и пропускная способность могут гибко изменяться в процессе эксплуатации – наращиваться на этапе развития и сокращаться на этапе сворачивания производства. При этом высвобождаемое оборудование может повторно использоваться, поскольку оно имеет достаточно длительные сроки эксплуатации – номинально не менее 12 лет.**



Система сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) железнодорожной станции «Фестивальная» АО «Евроазиатская энергетическая корпорация» (фото: архив ООО «НЦПР»)

**Важной характеристикой технологической радиосети является ее высокая надежность и живучесть.** Применяемое для создания технологических радиосетей современное радиотехническое оборудование имеет среднее время наработки на отказ, составляющее сотни тысяч часов (например, для радиомодема Viper-SC+ это значение составляет 120 000 часов или более 13 лет, а для радиомодема Guardian – 592 900 часов или около 67 лет). Наряду с высокими характеристиками надежности собственно оборудования, полностью отвечающими требованиям действующих стандартов, данная характеристика может быть существенно улучшена за счет использования топологий радиосети, предусматривающих дублирование отдельных или всех компонентов и организации перекрываемых оперативных зон, работа в которых обеспечивается одновременно несколькими базовыми станциями на единых или различных номиналах радиочастот. Применение средств мониторинга технического состояния радиосети в реальном масштабе времени позволяет своевременно выявлять, а во многих случаях и предотвращать сбои в работе оборудования.

Следует отметить, что простота технологии создания и развертывания технологической радиосети обеспечивает сокращение сроков восстановления ее работоспособности в случае аварий и катастроф – восстановление работы отдельного объекта в составе радиосети требует от нескольких десятков минут до нескольких часов (в случае полного вывода объекта из строя в результате серьезной аварии и катастрофы).

Технологическая радиосеть обмена данными используется в следующих основных случаях:

1. Требуется обеспечение работы распределенной автоматизированной системы управления, объекты которой размещаются на обширной территории или значительном удалении друг от друга.
2. АСУ предполагает организацию обмена данными в реальном масштабе времени с минимальными и полностью детерминированными задержками.
3. Выполнение требований к надежности и живучести АСУ не обеспечивается другими средствами связи, либо их применение нецелесообразно или невозможно (другие средства связи отсутствуют).
4. Одноразовые финансовые затраты на развертывание технологической радиосети оказываются меньше затрат на долгосрочную аренду каналов связи в период всего срока эксплуатации АСУ.

ООО «Независимый исследовательский центр  
перспективных разработок» (ИЦПР)

**Flexlab**  
с 1991 года

115583, Москва, ул. Генерала Белова 26, офис 519

Тел. +7 (499) 113 26 98

Факс. +7 (499) 113 26 98

Моб. +7 (915) 465 72 89

E-mail: [sm@flexlab.ru](mailto:sm@flexlab.ru)

<http://www.flexlab.ru>