

Создание узкополосной технологической радиосети обмена данными повышенной надёжности и живучести на базе радиотехнической платформы УКВ-диапазона нового поколения Viper-SC+

ООО «НЦПР» (Технический бюллетень)

В настоящей статье рассматриваются некоторые вопросы, связанные с созданием узкополосных технологических радиосетей¹ обмена данными УКВ-диапазона повышенной надёжности и живучести, предназначенных для развертывания в районах со слабо развитой телекоммуникационной инфраструктурой и условиями сурового климата. Описаны особенности построения и функциональные возможности таких радиосетей. Актуальность представленной в статье информации обусловлена расширением работ по освоению Западной Сибири и морского шельфа, а также активизацией хозяйственной деятельности в Арктических районах Российской Федерации, где строительство технологических радиосетей часто не имеет альтернативы.

1. Узкополосная технологическая радиосеть обмена данными

История создания и эксплуатации гражданских узкополосных технологических радиосетей обмена данными насчитывает уже более 30 лет. Первые успешные эксперименты по беспроводной передаче пакетных данных по узкополосному радиоканалу в УКВ-диапазоне были проведены в 1978 году канадскими радиолюбителями Р.Роули (позывной VE2PY), Н.Перлом (VE2BQS) и Ж.Орсали (VE2ENP). В 1992 году Р.Роули и Н.Перл организовали компанию Dataradio, которая занялась развитием технологии и созданием перспективных технических средств на ее основе — радиомодемов.

С тех пор узкополосные технологические радиосети обмена данными стали широко применяться в проектах, в которых использование проводных сетей оказывается невозможным или нецелесообразным. Область применения технологических радиосетей обмена данными определяется следующими основными оперативно-техническими возможностями и преимуществами:

- гарантированная надёжность² работы (радиосеть создается и управляется ее владельцем с учетом его персональных требований к надёжности функционирования);
- высокая живучесть³ радиосети в различной обстановке (требование к живучести закладывается на этапе проектирования радиосети ее владельцем, и, как правило, оказывается выше, чем в радиосетях общего пользования);
- рабочая зона, полностью перекрывающая район использования подключенных к радиосети оконечных устройств, как правило, объединенных в автоматизированную систему управления (реально построенные технологические радиосети имеют оперативную зону более миллиона кв. км);

- применение детерминированных протоколов обмена данными, поддерживающих работу в близком к реальному режиму времени и обеспечивающих гарантированную доставку данных в установленные регламентом работы радиосети сроки;
- относительно небольшое время доступа к каналу передачи данных, обеспечивающее незначительные и приемлемые для большинства автоматизированных систем задержки в доставке данных;
- 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 развивать ее исходя из реальных требований (радиосеть принадлежит эксплуатирующей ее организации, параметры ее работы и оперативная зона могут изменяться ею самостоятельно);
- совместимость с разнородным оборудованием сбора и обработки данных по широко применяемым и детально отработанным интерфейсам;
- простота перемещения и оперативность развертывания в новом районе;
- возможность эксплуатации в жестких условиях окружающей среды.

Краткий перечень областей применения узкополосных технологических радиосетей обмена данными представлен в Таблице 1.

Области практического применения узкополосных технологических радиосетей обмена данными УКВ-диапазона.

№	Область применения	Прикладная задача
1.	Топливная энергетика	<ul style="list-style-type: none">• обустройство месторождений нефти и газа;• управление линейной телемеханикой продуктопроводов;• удаленное управление мобильными компрессорными установками;• мониторинг заполнения и состояния емкостей для хранения нефтепродуктов;• обмен данными между морскими буровыми платформами;• контроль протечек в трубопроводных системах.

№	Область применения	Прикладная задача
2.	Электроэнергетика	<ul style="list-style-type: none">• автоматизированные системы диспетчерского управления (АСДУ);• автоматизированные системы технического учёта электроэнергии (АСТУЭ);• автоматизированные системы коммерческого учёта электроэнергии (АСКУЭ);• удаленный контроль средств телемеханики;• удаленное управление и контроль технического состояния мобильных энергетических установок;• удаленное управление реклоузерами.
3.	Горнодобывающая промышленность	<ul style="list-style-type: none">• удаленный мониторинг подвижного горнотранспортного оборудования (ГТО);• удаленный мониторинг стационарного ГТО и энергетического оборудования;• точное позиционирование инструмента и контроль рабочих зон;• диспетчерское управление и информационное обеспечение подвижного ГТО;• управление конвейерами.

№	Область применения	Прикладная задача
4.	Транспорт (подземный, наземный, водный и воздушный)	<ul style="list-style-type: none">• автоматизированные системы оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ) промышленным железнодорожным и автомобильным транспортом;• трансляция дифференциальной поправки в интересах точного позиционирования для промышленного железнодорожного, водного и воздушного транспорта;• координация действий надводных судов при совместном плавании;• удаленное управление устройствами железнодорожной автоматики и телемеханики;• удаленное управление подвижным железнодорожным составом;• интервальное регулирование;• обмен данными в интересах реализации концепций интеллектуального железнодорожного транспорта по проектам РТС (Positive Train Control) и СВТС (Communications-Based Train Control);• автоведение поездов метро с прицельной остановкой;• удаленное управление тяговыми подстанциями;• управление дорожными знаками;• управление и мониторинг технического состояния информационных табло;• управление светофорами;• управление шлюзами и оросительными каналами;• мониторинг работы наземного аэродромного оборудования;• сбор телеметрической информации с воздушных объектов;• управление шлагбаумами на железнодорожных переездах;• сбор данных от аэродромных средств контроля;• мониторинг и диспетчерское управление наземными подвижными средствами в аэропортах.

№	Область применения	Прикладная задача
5.	Службы общественной безопасности	<ul style="list-style-type: none"> • АСОДУ подвижных дежурных сил полиции и аварийно-спасательных подразделений: мониторинг, управление и информационное обеспечение; • удаленный доступ в базы данных с борта подвижных средств; • управление наземными и надводными контрольными и исполнительными устройствами; • обеспечение работы систем охраны периметра объекта.
6.	Роботизированные комплексы и удаленное управление	<ul style="list-style-type: none"> • удаленное управление и передача данных с борта полупогружаемых подводных аппаратов; • удаленное управление градобойными установками; • управление и сбор данных с помощью беспилотных летательных аппаратов (БЛА); • передача телеметрической информации от комплексов подземного, наземного, воздушного, надводного и космического базирования⁴.
7.	Мониторинг состояния окружающей среды и сооружений	<ul style="list-style-type: none"> • обеспечение работы автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (АСКРО); • мониторинг уровня воды в реках и водоемах; • сбор и распределение гидрометеорологической информации; • сбор данных от буксируемых и стационарных гидроакустических решеток; • сбор данных от плавучих и всплывающих аварийных буюв; • сбор данных о состоянии морской среды в районах нефтедобычи; • сбор данных о ледовой обстановке; • контроль состояния гидротехнических сооружений и мостов; • мониторинг состояния опасных с точки зрения камнепадов горных склонов, стенок терриконов и отвалов; • сбор данных от датчиков обнаружения молний; • обмен данными в интересах работы гидрографических судов; • сбор данных о разливах нефти и нефтепродуктов; • мониторинг сейсмической обстановки.

№	Область применения	Прикладная задача
8.	Жилищно-коммунальное хозяйство	<ul style="list-style-type: none"> • удаленное управление котельным оборудованием; • управление газораспределительными сетями; • мониторинг и управление водозаборами; • управление уличным освещением; • удаленное управление очистными сооружениями; • управление и сбор данных о работе городских электрических сетей.
9.	Системы безопасности, оповещения, связи и вещания	<ul style="list-style-type: none"> • трансляция вспомогательной информации и сигналов оповещения для морских и речных судов; • интеллектуальное оповещение о метеорологической обстановке; • информирование о ледовой обстановке; • обмен данными между компонентами распределенных систем безопасности; • управление ретрансляторами связи, теле- и радиовещания.
10.	Промышленность и сельское хозяйство	<ul style="list-style-type: none"> • обеспечение работы распределенных АСУ технологическими процессами на ответственных и опасных производствах; • удаленное управление тракторами и комбайнами при проведении полевых работ; • точное позиционирование в интересах сельскохозяйственной авиации.
11.	Полигонные комплексы	<ul style="list-style-type: none"> • передача и распределение телеметрической информации на наземных и морских полигонах; • управление исполнительными устройствами; • сбор данных о работе подсистем и агрегатов в процессе испытаний автотракторной техники; • мониторинг и управление полигонной техникой и оборудованием; • трансляция сигналов дифференциальной поправки и единого времени.
12.	Вооруженные силы	Системы связи, управления войсками и оружием, оповещения, разведки и информационного обеспечения тактического звена управления.

В настоящее время создаются и эксплуатируются технологические радиосети двух типов — прозрачные и пакетные.

Прозрачная радиосеть обмена данными использует внешний протокол обмена данными, например, широко применяемый Modbus, и обеспечивает побитную передачу данных в радиоканал по мере поступления данных на порт радиомодема. Данные передаются «как есть», без добавления служебной информации.


Пакетная радиосеть использует встроенный протокол обмена данными, обеспечивает разбиение поступающей на порт радиомодема информации на пакеты и добавление к каждому пакету служебных данных, включая, в отдельных случаях, избыточные данные помехоустойчивого кодирования. Современные радиомодемы обеспечивают работу по IP-протоколу.

2. Радиотехническая платформа Viper-SC+

Радиотехническая платформа Viper-SC+ представляет собой одну из наиболее современных и перспективных разработок американской компании CalAmp, преемника канадской компании Dataradio и де-факто ведущего мирового производителя радиомодемов. Вышеуказанная платформа (технические характеристики оборудования представлены в таблицах 2 и 3), использующая для работы IP-протокол, включает в себя:

- радиомодем Viper-SC+ (140-5018-502⁵) с одним антенным входом;
- радиомодем Viper-SC+ (140-5018-503) с двумя антенными входами;
- базовую станцию Viper-SC+ (140-5118-502);
- базовую станцию Viper-SC+ (140-5318-502) повышенной надёжности и живучести с резервированием всех компонентов;
- базовую станцию Viper-SC+ (140-5318-503) повышенной надёжности и живучести с резервированием всех компонентов с двумя антенными входами.

2. Технические характеристики радиомодема Viper-SC+


Общие характеристики	Viper-SC+ 100/200/400/900			
	ОВЧ	200 МГц	УВЧ	900 МГц
				
Диапазон частот, МГц	136-174	215-240	406-470 450-512	880-902 928-960

Общие характеристики		Viper-SC+ 100/200/400/900			
Шаг сетки частот, кГц (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	3K30F1D; 11K2F1D; 16K5F1D; 17K8F1D; 33K0F1D; 52K7F1D				
Потребляемый ток:					
- приём, мА	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)				
- передача 30 дБм (1 Вт), А	1,2-3,6 (10 В); 0,6-1,8 (20 В); 0,4-1,2 (30 В)				
Номинальная задержка при холодном старте, с	35				
Рабочее напряжение, В	10-30 (постоянный ток)				
Температура по спецификации, град. С	от -30 до +60				
Рабочая температура, град. С	от-40 до +70				
Температура хранения, град. С	от-45 до +85, без образования конденсата				
Влажность, %	5-95, без образования конденсата				
Габаритные размеры, см	13,97 (Ш) x 10,80 (Г) x 5,40 (В)				
Масса (в упаковке), кг	1,1				
Рабочий режим	симплекс/полудуплекс				
Передатчик					
Полоса пропускания без подстройки, МГц	38	38	64 (406,1-470 МГц); 62 (450-512 МГц)	32	
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт	1-10				1-8
Время переключения с передачи на приём, мс	<1				
Время переключения между каналами, мс	<15				
Импеданс, Ом	50				
Цикл работы на передачу, %	100				
Стабильность частоты, ppm	1,0	0,5	1,0	0,5	
Интерфейсы	2 x RS-232 (DE-9F), 10Base-T RJ-45				
Антенна	TNC (мама) - приём/передача; SMA (мама) - приём (для двухпортовых устройств)				
Приемник					

Общие характеристики	Viper-SC+ 100/200/400/900			
Чувствительность (вероятность ошибки 1×10^{-6}):				
- 100 кГц, дБм	-	-103 (64 кбит/с); -96 дБм (192 кбит/с); -89 дБм (256 кбит/с)	-	-100 (64 кбит/с); -93 (192 кбит/с); -86 дБм (256 кбит/с)
- 50 кГц, дБм	-111 (32 кбит/с); -104 (64 кбит/с); -97 (96 кбит/с); -88 (128 кбит/с)			-108 (32 кбит/с); -101 (64 кбит/с); -94 (96 кбит/с); -85 (128 кбит/с)
- 25 кГц, дБм	-114 (16 кбит/с); -106 (32 кбит/с); -100 (48 кбит/с); -92 (64 кбит/с)			-111 (16 кбит/с); -104 (32 кбит/с); -97 (48 кбит/с); -89 (64 кбит/с)
- 12,5 кГц, дБм	-116 (8 кбит/с); -109 (16 кбит/с); -102 (24 кбит/с); -95 (32 кбит/с)			-112 (8 кбит/с); -106 (16 кбит/с); -99 (24 кбит/с); -90 (32 кбит/с)
- 6,25 кГц, дБм	-115 (4 кбит/с); -106 (8 кбит/с); -100 (12 кбит/с)			
Подавление помех по соседнем каналу, дБ	45/6,25 кГц; 60/12,5 кГц; 70/25 кГц; 75/50 кГц; 70/100 кГц			60 /12,5 кГц; 70/25 кГц; 75/50 кГц; 70/100 кГц
Интермодуляция, дБ	>75			
Избирательность, дБ	>70 (25 кГц); >60 (12,5 кГц); >55 (6,25 кГц)			
Время переключения с приёма на передачу, мс	<2			
Время переключения между каналами, мс	<15			
Модем				
Скорость, кбит/с	4; 8; 12; 16; 24; 32; 48; 64; 96; 128; 256			

Общие характеристики	Viper-SC+ 100/200/400/900
Индикация	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, приём/передача
Вид модуляции	2FSK, 4 FSK, 8FSK, 16FSK
Адресация	IP

Технические характеристики радиомодема Viper-SC+ base station

Общие характеристики	Viper-SC+ 100/200/400/900 base station			
	ОВЧ	200 МГц	УВЧ	900 МГц
				
Диапазон частот	136-174 МГц	215-240 МГц	406-470 450-512 МГц	928-960 МГц
Шаг сетки частот	50; 25; 12,5 или 6,25 кГц (настраивается программно)			50, 25 или 12,5 кГц
Тип излучения	6K00F1D, 9K30F1D, 15K3F1D			
Номинальная задержка при холодном старте	60 с			
Рабочее напряжение	10-30 В постоянного тока			
Рабочая температура	-30 град. С до +60 град. С			
Температура хранения	-45 град. С до +85 град. С			
Влажность	5-95% без образования конденсата			
Габаритные размеры	41 (Ш) x 12 (Г) x 29 (В) см			
Масса (в упаковке)	5,2 кг			
Рабочий режим	симплекс/полудуплекс			
Передачик				
Полоса пропускания без подстройки, МГц	38	38	64 (406,1-470 МГц); 62 (450-512 МГц)	32
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт	1-10			1-8
Время переключения с передачи на приём, мс	<1			

Общие характеристики	Viper-SC+ 100/200/400/900 base station			
Время переключения между каналами, мс	<15			
Импеданс, Ом	50			
Цикл работы на передачу, %	100			
Стабильность частоты, ppm	1,0	0,5	1,0	0,5
Интерфейсы	2 x RS-232 (DE-9F), 2 x 10Base-T RJ-45			
Антенна	N-типа (мама)			
Приемник				
Чувствительность (вероятность ошибки 1×10^{-6}):				
- 100 кГц, дБм	-	-103 (64 кбит/с); -96 дБм (192 кбит/с); -89 дБм (256 кбит/с)	-	-100 (64 кбит/с); -93 (192 кбит/с); -86 дБм (256 кбит/с)
- 50 кГц, дБм	-111 (32 кбит/с); -104 (64 кбит/с); -97 (96 кбит/с); -88 (128 кбит/с)			-108 (32 кбит/с); -101 (64 кбит/с); -94 (96 кбит/с); -85 (128 кбит/с)
- 25 кГц, дБм	-114 (16 кбит/с); -106 (32 кбит/с); -100 (48 кбит/с); -92 (64 кбит/с)			-111 (16 кбит/с); -104 (32 кбит/с); -97 (48 кбит/с); -89 (64 кбит/с)
- 12,5 кГц, дБм	-116 (8 кбит/с); -109 (16 кбит/с); -102 (24 кбит/с); -95 (32 кбит/с)			-112 (8 кбит/с); -106 (16 кбит/с); -99 (24 кбит/с); -90 (32 кбит/с)
- 6,25 кГц, дБм	-115 (4 кбит/с); -106 (8 кбит/с); -100 (12 кбит/с)			

Общие характеристики	Viper-SC+ 100/200/400/900 base station	
Подавление помех по соседнем каналу, дБ	45/6,25 кГц; 60/12,5 кГц; 70/25 кГц; 75/50 кГц; 70/100 кГц	60 /12,5 кГц; 70/25 кГц; 75/50 кГц; 70/100 кГц
Интермодуляция, дБ	>75	
Избирательность, дБ	>70 (25 кГц); >60 (12,5 кГц); >55 (6,25 кГц)	
Время переключения с приёма на передачу, мс	<2	
Время переключения между каналами, мс	<15	
Модем		
Скорость, кбит/с	4; 8; 12; 16; 24; 32; 48; 64; 96; 128; 256	
Индикация	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, приём/передача	
Вид модуляции	2FSK, 4 FSK, 8FSK, 16FSK	
Адресация	IP	

Совместно с техническими средствами радиотехнической платформы Viper-SC+ может использоваться получившая широкое распространение в странах СНГ российская программа мониторинга технического состояния радиосети «Балтика».

Сноски

1. **Технологическая сеть связи** ([англ. private network](#), прежнее название – *ведомственная или корпоративная*) – 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. [Федеральный закон «О связи» от 07.07.2003 N 126-ФЗ]. ↩
2. **Надёжность** ([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 [ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения»]. ↩
3. **Живучесть** ([англ. survivability](#)) – свойство системы, характеризующее способность выполнять установленный объём функций в условиях воздействий внешней среды и отказов компонентов системы в заданных пределах [ГОСТ 34.003-90 «Автоматизированные системы. Термины и определения»]. ↩
4. В 1997 году радиомодемы Dataradio JSLM были впервые использованы в ходе американской экспедиции на Марс. С их помощью обеспечивался обмен данными между марсоходом и посадочной платформой при перемещении первого по поверхности планеты. ↩
5. Здесь и далее приведены номера моделей оборудования для диапазона 136-174 МГц. ↩