Использование радиомодемов УКВ-диапазона

на железнодорожном транспорте

В настоящей статье рассматриваются отдельные технические вопросы, связанные с созданием и эксплуатацией узкополосных технологических радиосетей обмена данными диапазона УКВ (ультракоротких волн) с использованием современных радиомодемов. Представлена краткая информация об отдельных задачах, связанных с организацией обмена данными в интересах функционирования средств железнодорожной автоматики (ЖАТ) и телемеханики, а также диспетчерского управления на железнодорожном транспорте. Содержащиеся в статье данные могут представлять интерес для отраслевых специалистов при проектировании и развертывании технологических радиосетей сбора данных и управления нового поколения, необходимых для обеспечения работы автоматизированных информационно-управляющих систем.

Сергей Маргарян

Общие сведения

В настоящее время выделенные непосредственно для нужд ОАО «РЖД» частотные ресурсы, предназначенные для построения систем управления движением и обеспечения безопасности, распределяются примерно следующим образом:

- 2 МГц — резервирующий радиоканал систем управления соединенных и тяжеловесных поездов;
- 160 МГц — радиоканалы систем управления соединенных и тяжеловесных поездов, станционных систем передачи данных на малодеятельных участках, резервирующий канал при использовании в системах управления радиосетей общего пользования;
- 460 МГц — системы управления маневровыми локомотивами на станциях;
- 900/1800 МГц — поездная радиосвязь и интервальное регулирование движения поездов на скоростных и высокоскоростных участках;
- 1800, 2400 МГц — станционные высокоскоростные сети передачи данных для информационно-управляющих систем, организации видеонаблюдения.

Диапазон УКВ (160 и 460 МГц) задействуется в интересах обеспечения повседневного функционирования практически всех железнодорожных служб. Обмен цифровой информацией в этом диапазоне в интересах решения задач сбора данных и дистанционного управления в составе технологических радиосетей[1] или по выделенным каналам связи, обслуживающим функционирование автоматизированных информационно-управляющих систем различного назначения, производится с помощью радиомодемов. В ОАО «РЖД», на промышленном железнодорожном транспорте Российской Федерации и за рубежом за последние несколько десятков лет с задействованием радиомодемов хорошо отработаны следующие функциональные задачи:

- мониторинг состояния тормозной системы железнодорожного состава и контроль отрыва вагона;
- управление объектами электроснабжения железнодорожного транспорта;
- мониторинг окружающей среды и обеспечение безопасности;
- обеспечение функционирования средств ЖАТ;
- дистанционное управление маневровыми работами на станциях;
- интервальное регулирование движения и диспетчерское управление на станциях и перегонах.

Такие широкие области применения радиомодемов на железнодорожном транспорте определены техническими возможностями и особенностями используемой при их создании технологии, к которым относятся:

- надежность среды передачи (линия передачи не подвергается механическим повреждениям и разрушающему влиянию окружающей среды, а ее качество контролируется соответствующими государственными органами);
- существенно бóльшая по сравнению с более высокими частотными диапазонами дальность передачи данных и, соответственно,

[1] 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. [Федеральный закон «О связи» от 07.07.2003 № 126-ФЗ.]

Рис. 1. Радиомодем Ritron DTXM

Таблица 1. Технические характеристики радиомодема Ritron DTXM

Общие характеристики		DTXM		
		ОВЧ	200 МГц	УВЧ
Диапазон частот, МГц		136–162; 148–174	217–240	400–420; 450–470
Шаг сетки частот, кГц		25; 12,5 или 6,25		
Ширина спектра излучения, кГц (в канале)	25 кГц	16		
	12,5 кГц	11		
	6,25 кГц	4,8		
Тип излучения		10K0F3E, 4K8F1D, 9K6F1D, 8K6F2D		
Потребляемый ток при выходной мощности, А	1 Вт	<1,0		
	6 Вт	<2,4		
Количество программируемых каналов		2		
Рабочее напряжение, постоянный ток, В		10–15 или 7,5		
Температура, °С	рабочая	–30...+55		
	хранения	–45...+85		
Влажность, %		5–95, без образования конденсата		
Габаритные размеры (Ш×Г×В), см		5,84×9,10×2,54		
Масса (в упаковке), кг		0,2		
Рабочий режим		Симплекс, полудуплекс		
Приемник				
Полоса пропускания без подстройки, МГц		26	28	20
Время атаки передатчика, мс		<15		
Чувствительность (вероятность ошибки 1×10^{-5}), мкВ		<0,28		
Избирательность по соседнему каналу при шаге сетки радиочастот, дБ	25 кГц	>70		
	12,5 кГц	>60		
	6,25 кГц	50		
Время атаки, мс		<15		
Избирательность, дБ		>70		
Передатчик				
Полоса пропускания без подстройки, МГц		26	28	20
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт		1–6		1–3/6/10
Время атаки, мс		<15		
Импеданс, Ом		50		
Цикл работы на передачу, %		5–100		
Стабильность частоты, ppm		1,0		
Интерфейсы		RS-232 (Sub D, 15 штырьков)		
Антенный разъем		BNC		
Уровень фоновых помех при шаге сетки радиочастот, дБ	25 кГц	>45		
	12,5 кГц	>40		
	6,25 кГц	>35		
Модем				
Скорость		19,2; 9,6 или 4,8 кбит/с		

более простая инфраструктура создаваемой с помощью радиомодемов технологической радиосети при приемлемых скоростях обмена данными;

- возможность формирования радиосети повышенной надежности[2] и живучести[3];
- обширная оперативная зона с возможностью ее расширения за счет ретрансляции сигнала (отдельные реально развернутые на территории Российской Федерации радиосети сбора данных и управления имеют сплошную зону покрытия вдоль распределенного объекта шириной несколько десятков и общей протяженностью несколько тысяч километров);
- применение детерминированных протоколов обмена данными, поддерживающих работу в близком к реальному масштабе 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 использующих радиосеть автоматизированных систем управления задержки в доставке данных;
- высокая безопасность данных, циркулирующих 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 собственно пользователю, параметры ее работы и оперативная зона могут изменяться им 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 надежной эксплуатации в жестких условиях практически во всех климатических зонах, включая арктическую, что приобретает все большее значение в связи с активизацией в последние годы хозяйственной деятельности в арктических районах.

Радиомодем Ritron DTXM

Радиомодем Ritron DTXM представляет собой портативное «прозрачное» устройство реального времени, использующее внешний протокол обмена данными. Данные передаются в радиоканал в той последовательности, в которой были приняты радиомодемом от контроллера, терминала или компьютера, по интерфейсу RS-232 без искажений и дополнительной обработки.

Малые массо-габаритные характеристики позволяют использовать радиомодем в носимых приложениях, например в составе пульта дистанционного управления маневрированием на железнодорожных станциях или устройствах контроля отрыва вагона, монтируемых во время составления поездов.

Особенностью данного модема является поддержка голосовой связи, что успешно применяется в пультах дистанционного управления, где передача управляющих команд и голосовых сообщений контролируется одним оператором, что позволяет избежать взаимных помех при попытках одновременной передачи данных и речи. Внешний вид радиомодема показан на рис. 1. Технические характеристики представлены в таблице 1.

Радиомодем Ritron DTXM имеет встроенную функцию автономной программной настройки и диагностики.

[2] 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 [ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения».]

[3] Живучесть (англ. survivability) — свойство системы, характеризуемое способностью выполнять установленный объем функций в условиях воздействий внешней среды и отказов компонентов системы в заданных пределах [ГОСТ 34.003-90 «Автоматизированные системы. Термины и определения».]

Рис. 2. Внешний вид радиомодема Guardian

Радиомодем Guardian

Радиомодем Guardian представляет собой «прозрачное» устройство реального времени нового поколения класса SDR (Software defined radio), не требующее сложной настройки и использующее внешний протокол обмена данными, которые передаются в радиоканал в той последовательности, в которой были приняты радиомодемом от контроллера, терминала или компьютера по последовательным интерфейсам RS-232/422/485, без искажений и дополнительной обработки.

Радиомодем полностью совместим с широко используемым на объектах ОАО «РЖД», в частности, в составе комплексного локомотивного устройства безопасности (КЛУБ), радиомодемом T-96SR, снятым с производства в 2010 г. Он позволяет строить современные радиосети сбора данных и удаленного управления и поддерживает работу практически всех основных промышленных протоколов, включая ModBus, ModBus-RTU и AB DF1.

Встроенная функция удаленной диагностики позволяет в реальном масштабе времени контролировать состояние устройства (наличие питания, температуру, напряжение, мощность сигнала, наличие соединения с антенно-фидерными устройствами). Радиомодем поддерживает работу в режиме DOX (Data-Activated Transmit), не требующем использования сигналов управления потоком RTS/CTS: передача инициализируется поступлением данных на порт радиомодема, а также управление сигналами RTS/CTS, когда скорость передачи данных от терминального устройства превышает скорость обмена данными в радиоканале. Он имеет два последовательных порта: для передачи данных и настройки. Внешний вид радиомодема Guardian показан на рис. 2. Основные технические характеристики представлены в таблице 2.

Радиомодем имеет встроенную функцию программной настройки и диагностики, которая позволяет организовать удаленный мониторинг его технического состояния в оперативном режиме.

Guardian имеет следующие отличия от заменяемых радиомодемов T-96SR:

- более широкий диапазон настройки выходной мощности;
- 100% цикл работы на всех моделях;
- программируемый шаг сетки радиочастот 25 и 12,5 кГц;
- поддержка портов RS-232/422/485;
- диагностика технического состояния в оперативном и автономном режимах;
- более широкий диапазон входящего напряжения питания;

Таблица 2. Основные технические характеристики радиомодема Guardian

Общие характеристики		Радиомодем Guardian-100/200/400/900			
		ОВЧ		УВЧ	900 МГц
Диапазон частот, МГц		136–174	215–240	406–470; 450–512	928–960
Шаг сетки частот, кГц		25 или 12,5 (настраивается программно)			
Тип излучения		9K55F1D, 9K35F1D, 11K6F1D, 14K6F1D, 16K4F1D			
Потребляемый ток	прием, мА	360 (10 В); 200 (20 В); 150 (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		20			
Рабочее напряжение, В		10–30 (постоянный ток)			
Температура, °С	рабочая	–30...+60			
	хранения	–45...+85			
Влажность, %		5–95 (без образования конденсата)			
Габаритные размеры (Ш×Г×В), см		13,97×10,80×5,40			
Масса (в упаковке), кг		1,1			
Рабочий режим		Симплекс, полудуплекс, дуплекс		Симплекс, полудуплекс	
Приемник					
Чувствительность (вероятность ошибки 1×10^{-6}), дБм	25 кГц	–100 (19,2 кбит/с); –107 (9,6 кбит/с); –110 (4,8 кбит/с)			
	12,5 кГц	–107 (9,6 кбит/с); –110 (4,8 кбит/с)			
Подавление помех по соседнему каналу, дБ	12,5 кГц	60			
	25 кГц	70			
Интермодуляция, дБ		>75			
Избирательность, дБ	25 кГц	>70			
	12,5 кГц	60			
Передатчик					
Полоса пропускания без подстройки, МГц		38	38	64 (406,1–470) 62 (450–512)	32
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт		1–10			1–8
Время атаки, мс		<1			
Время переключения между каналами, мс		<15			
Импеданс, Ом		50			
Цикл работы на передачу, %		100			
Стабильность частоты, ppm		1,0			
Интерфейсы		RS-232 (DB9)			
Антенна		TNC («мама») — прием/передача, SMA («мама») — прием (для дуплексных моделей)			
Модем					
Скорость, кбит/с		4,8; 9,6; 19,2			
Индикация		Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, прием/передача			
Вид модуляции		2FSK			

Рис. 3. Внешний вид базовой станции Viper-SC

- поддержка работы в режиме RTS/CTS и DOX;
- поддержка работы в симплексном, полудуплексном и дуплексном режимах (дуплексный радиомодем имеет дополнительный антенный порт и предусматривает использование внешнего дуплексера либо работу на две антенны);
- возможность использования в качестве ретранслятора;
- наличие оборудования на диапазон 215–240 МГц.

Таким образом, Guardian может использоваться в составе ранее развернутых радиосетей совместно с уже эксплуатируемым оборудованием и позволяет расширить технические возможности этих радиосетей без отказа от применения уже работающего оборудования.

Радиотехническая платформа Viper-SC

Радиотехническая платформа включает в себя набор радиомодемов, предназначенных для создания технологических радиосетей обмена данными УКВ-диапазона практически любого масштаба. В состав платформы входят базовая станция/ретранслятор и радиомодем, которые используют IP-протокол и могут настраиваться для работы в качестве маршрутизатора или моста. Базовая станция выпускается в обычном и отказоустойчивом исполнении с дублированием всех компонентов.

Скорость обмена данными в радиосети может настраиваться автоматически в зависимости от условий приема. Для надежной работы используется улучшенная версия протокола многостанционного доступа с технологией исключения столкновений пакетов FAMA (Floor Acquisition Multiple Access). С целью повышения пропускной способности в устройствах применяется алгоритм уплотнения данных, обеспечивающий эффективное сжатие (максимальная пропорция 1:10). Удобство настройки радиомодема обеспечивается за счет использования встроенного интуитивно понятного веб-интерфейса.

Радиомодем может быть настроен для работы в качестве моста или маршрутизатора по протоколу Ethernet IEEE 802.3 (поддерживаются IP-протоколы ICMP, IGMP, TCP, UDP, IPSec, SNTP) в качестве DHCP-клиента или сервера. Обеспечивается IP-фрагментация (IP-fragmentation), трансляция сетевых адресов (Network Address Translation, NAT), динамическая маршрутизация RIPv2, использование протокола определения адресов (Address Resolution Protocol, ARP). Внешний вид базовой станции Viper-SC представлен на рис. 3. Основные технические характеристики — в таблице 3.

Таблица 3. Основные технические характеристики базовой станции Viper-SC

Общие характеристики			Радиотехническая платформа Viper-SC		
			ОВЧ	УВЧ	900 МГц
Диапазон частот, МГц			136–174; 215–240	406–470, 450–512	928–960
Шаг сетки частот, кГц			50; 25; 12,5 или 6,25 (настраивается программно)		50, 25 или 12,5
Тип излучения			6K00F1D, 9K30F1D, 15K3F1D		
Потребляемый ток	прием, 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			20		
Рабочее напряжение, В			10–30 (постоянный ток)		
Температура, °С	рабочая		–30...+60		
	хранения		–45...+85		
Влажность, %			5–95 (без образования конденсата)		
Габаритные размеры (Ш×Г×В), см			13,97×10,80×5,40		
Масса в упаковке, кг			1,1		
Рабочий режим			Симплекс или полудуплекс		
Приемник					
Чувствительность (вероятность ошибки 1×10^{-6}), дБм	50 кГц	32 кбит/с	–111		–108
		64 кбит/с	–104		–101
		96 кбит/с	–97		–94
		128 кбит/с	–88		–85
	25 кГц	16 кбит/с	–114		–111
		32 кбит/с	–106		–104
		48 кбит/с	–100		–97
		64 кбит/с	–92		–89
	12,5 кГц	8 кбит/с	–116		–112
		16 кбит/с	–109		–106
		24 кбит/с	–102		–99
		32 кбит/с	–95		–90
	6,25 кГц		–115 (4 кбит/с), –106 (8 кбит/с), –100 (12 кбит/с)		
Подавление помех по соседнему каналу, дБ	6,25 кГц		45		
	12,5 кГц		60		
	25 кГц		70		
	50 кГц		75		
Интермодуляция, дБ			>75		
Избирательность, дБ			>70/25 кГц; >60/12,5 кГц; >55/6,25 кГц		
Передатчик					
Полоса пропускания без подстройки, МГц			38	64 (406,1–470 МГц) 62 (450–512 МГц)	32
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт			1–10		1–8
Время атаки, мс			<1		
Время переключения между каналами, мс			<15		
Импеданс, Ом			50		
Цикл работы на передачу, %			100		
Стабильность частоты, ppm			1		
Интерфейсы			RS-232 (DB9), 10Base-T (RJ45)		
Антенна			TNC («мама») — прием/передача; SMA («мама») — прием (для двухпортовых устройств)		
Модем					
Скорость, кбит/с			4, 8, 12, 16, 24, 32, 48, 64, 96, 128		
Индикация			Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, прием/передача		
Вид модуляции			2FSK, 4FSK, 8FSK, 16FSK		

Рис. 4. Внешний вид радиомодема Viper-SC

Базовая станция Viper-SC имеет вариант исполнения с повышенной надежностью и живучестью, в котором все составляющие ее компоненты резервируются. Применяемая схема управления предусматривает автоматический переход на резервные компоненты в случае выхода из строя основных, обеспечивая тем самым непрерывность работы в аварийных ситуациях.

Внешний вид радиомодема Viper-SC представлен на рис. 4, основные технические характеристики — в таблице 4.

Встроенная функция программной настройки и диагностики позволяет организовать удаленный мониторинг технического состояния радиомодема в оперативном режиме.

Радиомодем Viper-SC имеет встроенную функцию автоматического перехода в работу на одной из 32 резервных частот в случае потери связи на основной частоте, что позволяет строить радиосети с самонастраивающейся инфраструктурой и радиосети типа MESH[4]. Данная функция получила применение в радиосетях обмена данными между подвижным составом и устройствами ЖАТ. В таких радиосетях при приближении поезда, например, к светофору последний автоматически связывается с поездной системой управления и транслирует на борт информацию о своем состоянии[5]. В результате локомотивная бригада получает информацию заблаговременно и задолго до того, как сможет принять ее визуально.

Выпускается модель радиомодема Viper-SC, использующая принцип разнесенного приема на две антенны. Применение этой модели позволяет существенно повысить надежность работы в подвижных приложениях и дальность уверенного приема сигнала в стационарных радиосетях.

Специализированная радиотехническая платформа ITC 220

В отличие от всех вышеперечисленных устройств, разрабатывавшихся с учетом широкого перечня требований для различных приложений, радиотехническая платформа ITC 200 изначально проектировалась для использования только на ж/д. В настоящее время она является самой современной (разработка завершена в конце 2011 г.) и фактически единственной платформой с такими техническими характеристиками.

Платформа разработана и оптимизирована для железнодорожных приложений, связанных с управлением и обеспечением безопасности движения по программе PTC (Positive Train

Таблица 4. Основные технические характеристики радиомодема Viper-SC

Общие характеристики		Dataradio Viper-SC			
Диапазон частот, МГц		136–174	215–240	406–512	928–960
Шаг сетки частот, кГц		6,25; 12,5; 25; 50 (настраивается программно)			12,5; 25; 50 (настраивается программно)
Тип излучения		3K5F1D (6,25 кГц), 8K30F1D (12,5 кГц), 16K8F1D (25 кГц), 34K0F1D (50 кГц)			
Потребляемый ток	прием	480 мА (10 В); 250 мА (20 В); 180 мА (30 В)			
	передача 40 дБм (10 Вт)	4,6 А (10 В); 2, 04 А (20 В); 1,37 А (30 В)			
	передача 30 дБм (1 Вт)	1,23 А (10 В); 630 мА (20 В); 440 мА (30 В)			
Номинальная задержка при холодном старте		20 с			
Рабочее напряжение, В		10–30, постоянный ток			
Рабочая температура, °С		–30...+60			
Допустимая влажность, %		5–95, без образования конденсата			
Габаритные размеры (Ш×Г×В), см		13,97×10,80×5,40			
Масса (в упаковке), кг		1,1			
Рабочий режим		Симплекс или полудуплекс			
Приемник					
Чувствительность (вероятность ошибки 1×10^{-6}), дБм	50 кГц	32 кбит/с	–111		–108
		64 кбит/с	–104		–101
		96 кбит/с	–97		–94
		128 кбит/с	–88		–85
	25 кГц	16 кбит/с	–114		–111
		32 кбит/с	–106		–104
		48 кбит/с	–100		–97
		64 кбит/с	–92		–89
	12,5 кГц	8 кбит/с	–116		–112
		16 кбит/с	–109		–106
		24 кбит/с	–102		–99
		32 кбит/с	–95		–90
	6,25 кГц	4 кбит/с	–115		–
		8 кбит/с	–106		
		12 кбит/с	–100		
Подавление помех по соседнему каналу, дБ	6,25 кГц	45			
	12,5 кГц	60			
	25 кГц	70			
	50 кГц	75			
Интермодуляция		>75 дБ			
Избирательность, дБ		>70 (25 кГц); >60 (12,5 кГц); >55 (6,25 кГц)			
Передатчик					
Полоса пропускания без подстройки, МГц		38	25	64 или 62	32
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт		1–10			1–8
Рабочий цикл, %		100			
Стабильность частоты, ppm		1			
Модем					
Скорость		4, 8, 16, 32, 64 или 128 кбит/с			
Интерфейс		Последовательный RS-232, Ethernet 10Base-T			
Индикация		Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, прием/передача			
Вид модуляции		2FSK, 4FSK, 8FSK, 16FSK			

[4] Mesh-сеть (топология) представляет собой один из видов сети, где каждый узел должен не только собирать и распространять свои собственные данные, но также выступать в качестве ретранслятора для других узлов.
[5] На участках железных дорог, оснащенных средствами автоматической локомотивной сигнализации АЛС, такой радиоканал может использоваться в качестве резервного канала доставки данных на борт локомотива, обеспечивающего повышение безопасности эксплуатации.

Рис. 5. Внешний вид бортового радиомодема ITC 220

Control). Она применяется в системах предотвращения столкновений поездов, сходов в результате превышения ограничений скорости движения, контроля правильности положения стрелочного перевода и входа в зону выполнения ремонтных работ.

В состав платформы входят:

- бортовой радиомодем;
- стационарный радиомодем для подключения устройств ЖАТ;
- базовый радиомодем (базовая станция).

В составе оборудования применяется многоканальный приемопередатчик стандарта SDR, обеспечивающий пакетный обмен данными в составе единой радиосети для всех подключенных к ней бортовых и стационарных устройств. Все оборудование предназначено для эксплуатации в условиях, характерных для железной дороги.

Бортовой радиомодем обеспечивает обмен данными локомотивной бригады и бортовой автоматики с поездным диспетчером и системой управления движением, а также прием данных от устройств железнодорожной автоматики через базовую станцию.

Внешний вид бортового радиомодема ITC 220 представлен на рис. 5. Основные технические характеристики — в таблице 5.

Стационарный радиомодем ITC 220 обеспечивает обмен данными железнодорожной автоматики с системой управления движением, а также передачу данных от устройств железнодорожной автоматики на борт локомотива через базовую станцию.

Внешний вид стационарного радиомодема ITC 200 представлен на рис. 6, основные технические характеристики — в таблице 6.

Рис. 6. Внешний вид стационарного радиомодема ITC 220

Таблица 5. Основные технические характеристики бортового радиомодема ITC 220

Общие характеристики		Бортовой радиомодем ITC 220
Диапазон рабочих частот, МГц		217,5–222,0
Шаг сетки радиочастот, кГц		25
Масса, кг		10
Скорость обмена данными, кбит/с		16, 32
Диапазон температур, °С	рабочий	–40...+70
	хранение	–55...+85
Влажность, %		0–95, без образования конденсата
Рабочее напряжение, В		45–100, постоянный ток (максимально допустимое кратковременное до 120)
Потребляемый ток, А	передача	4 (пиковый), 1,8 (номинальный)
	прием	0,5 (максимальный)
Светодиодный индикатор		работоспособность, диагностика состояния (на передней панели)
Антенна		два N-типа (F), приемопередающая и приемная
Ethernet		два порта 10/100Base-T разъем M12-8(F), информационный и настроечный
Последовательный		два USB тип A(F)
Модуль интерфейса настройки		карта SD
Соответствие стандартам		США: FCC часть 2, 15 и 90; Канада: SRSP-512
Передатчик		
Выходная мощность, Вт		15–50, программно регулируемая
Вид модуляции		4DQPSK
Тип излучения		8K90DXW (16 кбит/с), 17K90DXW (32 кбит/с)
Внеполосные излучения, дБм		–25, максимально
Занимаемая полоса		пять объединенных каналов, соответствует 47CFR90.210(f)
Максимальный рабочий цикл, %		30
Приемник		
Максимальная чувствительность, статическая BER $<10^{-4}$, дБм		–111 (16 кбит/с), –108 (32 кбит/с)
Избирательность по соседнему каналу, дБ		70
Подавление зеркального канала, дБ		70
Подавление эффекта интермодуляции, дБ		65
Количество одновременно принимаемых каналов		16 (восемь парных, включая семь 16 кбит/с и 16/32 кбит/с, с автоматической настройкой)

Таблица 6. Основные технические характеристики стационарного радиомодема ITC 220

Общие характеристики		Стационарный радиомодем ITC 220
Диапазон рабочих частот, МГц		217,5–222,0
Шаг сетки радиочастот, кГц		25
Масса, кг		3,5
Скорость обмена данными, кбит/с		16, 32
Диапазон температур, °С	рабочий	–40...+70
	хранение	–55...+85
Влажность, %		0–95, без образования конденсата
Рабочее напряжение, В		10,9–15,5, постоянный ток (максимально допустимое кратковременное до 17)
Потребляемый ток, А	передача	10 (пиковый), 7,5 (номинальный)
	прием	1 (максимальный)
Светодиодный индикатор		работоспособность, диагностика состояния (на передней панели)
Антенна		два N-типа (F), приемопередающая и приемная
Антенна GPS		активная или пассивная, 3,3 В, 50 мА, TNC(F)
Ethernet		два порта 10/100Base-T разъем RJ45, информационный и настроечный
Модуль интерфейса настройки		карта SD
Соответствие стандартам		США: FCC часть 2, 15 и 90; Канада: SRSP-512
Передатчик		
Выходная мощность, Вт		7,5–25, программно регулируемая
Вид модуляции		4DQPSK
Тип излучения		8K90DXW (16 кбит/с), 17K90DXW (32 кбит/с)
Внеполосные излучения, дБм		–25, максимально
Занимаемая полоса		пять объединенных каналов, соответствует 47CFR90.210(f)
Максимальный рабочий цикл, %		10
Приемник		
Максимальная чувствительность, статическая BER $<10^{-4}$, дБм		–111 (16 кбит/с), –108 (32 кбит/с)
Избирательность по соседнему каналу, дБ		70
Подавление зеркального канала, дБ		70
Подавление эффекта интермодуляции, дБ		65
Количество одновременно принимаемых каналов		два (16 кбит/с и 16/32 кбит/с, с автоматической настройкой)

Рис. 7. Внешний вид радиомодема базовой станции ITC 220

Радиомодем базовой станции ITC 220 обеспечивает обмен данными между поездным диспетчером и локомотивной бригадой, а также между устройствами управления, бортовой и железнодорожной автоматики. Подключается к пункту управления по выделенным каналам проводной или беспроводной связи на скоростях от 56 кбит/с до 1 Мбит/с.

Внешний вид радиомодема базовой станции ITC 220 представлен на рис. 7, основные технические характеристики — в таблице 7.

* * *

Таким образом, в настоящее время для решения широкого круга задач, связанных с управлением движением и инфраструктурой на железных дорогах в Российской Федерации и за рубежом широко применяются технологические радиосети обмена данными, построенные на радиомодемах УКВ-диапазона. Имеющееся на рынке оборудование позволяет создавать современные радиосети различного назначения и масштаба, включая радиосети повышенной надежности и живучести, полностью удовлетворяющие потребностям железных дорог. Рассмотренная в статье технология, отработанная на железных дорогах мира в течение более тридцати лет, не утратила своей актуальности и представляется перспективной при внедрении цифровой связи и автоматизированных информационно-управляющих систем различного назначения.

Таблица 7. Основные технические характеристики радиомодема базовой станции ITC 220

Общие характеристики			Базовый радиомодем ITC 220
Диапазон рабочих частот, МГц			217,5—222,0
Шаг сетки радиочастот, кГц			25
Масса, кг			20
Скорость обмена данными, кбит/с			16, 32
Диапазон температур, °С	рабочий		−40...+70
	хранение		−55...+85
Влажность, %			0—95, без образования конденсата
Рабочее напряжение, В			42—54 постоянный ток (максимально допустимое кратковременное до 60); 21—27 постоянный ток (максимально допустимое кратковременное до 30)
Потребляемый ток, А	передача	48 В	6 (пиковый), 4 (номинальный)
		24 В	11 (пиковый), 7,5 (номинальный)
	прием	48 В	0,6 (максимальный)
		24 В	1,2 А (максимальный)
Светодиодный индикатор			работоспособность, диагностика состояния (на передней панели)
Антенна			три N-типа (F), приемопередающая и две приемные
Антенна GPS			активная или пассивная, 3,3 В, 50 мА, TNC(F)
Ethernet			два порта 10/100Base-T разъем RJ45, информационный и настроечный
Модуль интерфейса настройки			карта SD
Соответствие стандартам			США: FCC часть 2, 15 и 90; Канада: SRSP-512
Передатчик			
Выходная мощность, Вт			10—75, программно регулируемая
Вид модуляции			4DQPSK
Тип излучения			8K90DXW (16 кбит/с), 17K90DXW (32 кбит/с)
Внеполосные излучения, дБм			−25, максимально
Занимаемая полоса			пять объединенных каналов, соответствует 47CFR90.210(f)
Максимальный рабочий цикл, %			50
Приемник			
Максимальная чувствительность, статическая BER $<10^{-4}$, дБм			−111 (16 кбит/с), −108 (32 кбит/с)
Избирательность по соседнему каналу, дБ			70
Подавление зеркального канала, дБ			70
Подавление эффекта интермодуляции, дБ			65
Количество одновременно принимаемых каналов			16 (восемь парных, включая семь 16 кбит/с и 16/32 кбит/с, с автоматической настройкой)