



МОДЕРНИЗАЦИЯ P-169PPC —

ШАГ К СОЗДАНИЮ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ВОЕННЫХ PPC В РОССИИ



В. В. Терёшин,
генеральный директор
ЗАО «Радиосвязь-ФМ»

В последние десятилетия новая радиорелейная техника на обеспечение Вооружённых Сил РФ практически не поступала. В настоящей статье представляется серия новых военных PPC, разработанная предприятием ЗАО «Радиосвязь-ФМ» в 2006 г.

Основой для создания этой серии PPC послужила радиорелейная станция P-169PPC, ранее разработанная (в 1999–2000 гг.) коллективом специалистов, который сегодня работает в ЗАО «Радиосвязь-ФМ». Первая версия P-169PPC в 2001 г. была принята на снабжение Вооружённых сил РФ. В 2002-м году проведена её частичная модернизация. Сегодня это — единственная в стране цифровая PPC сантиметрового диапазона с военной приёмкой. Станция поставляется серийно и имеет положительный опыт боевого применения в зоне проведения контртеррористической операции на Северном Кавказе, используется на стационарных объектах МО РФ для организации цифровых линий привязки со скоростью передачи информации 8 Мбит/с и 34 Мбит/с, а также на объектах других силовых ведомств.

На основе опыта эксплуатации станций P-169PPC были разработаны и утверждены МО РФ Технические требования на дальнейшую модернизацию P-169PPC, которые были реализованы в 2006 году предприятием ЗАО «Радиосвязь-ФМ» — разработчиком, держателем подлинников РКД и производителем станций P-169PPC.

В процессе модернизации создана серия военных PPC с достаточно универсальными функциональными, техническими и эксплуатационными возможностями:

- диапазоны частот от 4 ГГц до 20 ГГц (в перспективе 23; 38 и 60 ГГц);
- пропускная способность от 8 до 155 Мбит/с;
- информационные стыки — E1, 4E1/E2, 16E1/E3, Ethernet10/100Base-TX и различные комбинированные варианты $n \times E1 + Ethernet10/100Base-TX$ в пределах полосы частот, в том числе 4E1+ Ethernet 100 Мбит/с (прозрачный);
- высокая развед- и помехозащищённость.

Новая серия станций P-169PPC может использоваться как в стационарном варианте, так и в составе мобильных военных PPC.

В процессе модернизации были учтены уникальные возможности современной элементной базы, а также передовые научно-технические решения лучших «гражданских» PPC, как зарубежных, так и отечественных. Проведённую модернизацию станций P-169PPC можно считать наглядным примером «реконверсии» — использования достижений гражданских PPC при модернизации военных PPC. Это сегодня — эффективный метод реализации программ развития военных PPC. Именно по этому пути идёт в последнее время ЗАО «Радиосвязь-ФМ», как и другие отечественные фирмы.

Основные результаты модернизации Р-169РРС в 2006-году

- Введена скорость передачи информации 155,52 Мбит/сек (вид модуляции 64 / 128 / 256 QAM изменяется программно).
- Предусмотрены оптические цифровые стыки и дополнительные информационные интерфейсы по протоколам Ethernet10/100 Base-TX с разными информационными скоростями:
 - По тракту E2-Ethernet10Base-T со скоростью передачи, зависящей от количества занятых потоков из 4E1.
 - По тракту E3-Ethernet10/100Base-TX со скоростью передачи, зависящей от количества занятых потоков E1, вплоть до 34 Мбит/с.
 - По тракту STM-1 – «прозрачная» передача в каждом стволе РРЛ потоков Ethernet с скоростью 100 Мбит/сек совместно с 4E1.
- Введены новые частотные диапазоны рабочих частот: 4,4–5,0 ГГц; 5,27–5,67 ГГц; 7,25–7,55 ГГц; 10,7–11,7 ГГц; 17,7–9,7ГГц (до модернизации было два диапазона: 7,9–8,4 ГГц и 14,4–15,35 ГГц). Подготовлены основные технические решения для дальнейшего развития по диапазонам (23 ГГц и 38ГГц).
- С учётом специфики применения РРС в условиях сложной (иногда непредсказуемой) электромагнитной обстановки, предусмотрена возможность раздельного управления частотой передатчика и приёмника.
- Существенно повышена разведзащищённость станции и улучшены её показатели электромагнитной совместимости (ЭМС).

Впервые в отечественных серийных РРС реализована система автоматического регулирования излучаемой мощности в зависимости от условий распространения на трассе (система АРМ).

При этом уменьшаются помехи между соседними средствами связи, в том числе помехи приёмнику от «своего» передатчика.

Введение системы АРМ совместно с расширением динамического диапазона МШУ приёмника и применением избыточного кодирования в модемах, использование адаптивного корректора — в целом заметно улучшило показатели ЭМС, устойчивость станции как к внешним, так и к внутрисистемным помехам.

В результате действия системы АРМ модернизированная станция Р-169РРС в течение 99,5 % времени работы излучает не более 1-5 мВт без снижения помехозащищённости.

- Усовершенствована система теленаблюдения и телеуправления сетью радиорелейных станций (система ТУ-ТС).

Помимо традиционных функций систем ТУ-ТС (ведение рабочих журналов в реальном масштабе времени, дистанционная диагностика состояния станций и др.), в модернизированной станции предусматривается возможность включения Р-169РРС в сеть управления более высокого уровня по протоколу SNMP с присвоением станциям IP адресов.

- Улучшены массогабаритные характеристики:
 - масса ВППМ снижена с 12 кг. до 7,3 кг — в нижних диапазонах (4,5-8 ГГц) и до 5 кг — в диапазонах 15-18 ГГц;
 - масса базовых блоков ББ-Р также уменьшена с 8 кг до 5,5 кг, высота – с «4U» до «2U», внедрён конструктив 19” «евромеханика».
- Важным результатом модернизации стало коренное повышение надёжности станции Р-169РРС.

Этому способствовали:

во-первых, перевод сборки на технологию поверхностного монтажа и сокращение количества ЭРЭ за счет применения аналоговых микросхем высокого уровня интеграции;

во-вторых, реализация необходимых схемных и режимных запасов во всех аналоговых и цифровых устройствах — по нагрузкам, быстродействию, питанию и т. д.;

в-третьих, принятые меры по усилению эффективности фильтрации помех по цепям питания от внешней сети.

Наконец, исключены самые ненадёжные элементы отечественного производства – электролитические конденсаторы, оптроны и др.

Все эти меры привели к неожиданному для разработчиков результату — впервые не удалось замерить величину остаточной достоверности RBER оборудования:

На реальных трассовых испытаниях в ноябре — декабре 2006 года станции Р-169РРС на скорости 34 Мбит/с (20 км в диапазоне 7 ГГц) в течение трёх недель не было ни одного сбоя символа передаваемой информации.

- Несмотря на усовершенствования, модернизированная станция Р-169РРС имеет меньшую себестоимость изготовления (в сопоставимых ценах) за счёт:

- снижения материалоемкости изделия;
- сокращения количества электрорадиоэлементов;
- снижения трудоемкости изготовления.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В СТАНЦИИ «P-169PPC»»

1. УНИВЕРСАЛЬНАЯ ОДНОКАБЕЛЬНАЯ СИСТЕМА СВЯЗИ «ВЕРХ-НИЗ»

Каждый ВППМ соединяется с аппаратной одним коаксиальным кабелем, независимо от скорости передачи и вида модуляции. Тип кабеля определяется расстоянием до антенны. При выносе антенн до 150 м используются «общедоступные» кабели типа РК-50-4-11. Применяя кабели с меньшими потерями (РК50-4,8-32, РК 50-7-11 или другие аналогичные), можно увеличить расстояние до антенн на 300–500 м и более.

По кабелю от базового блока к передатчику ВППМ передается информационный сигнал на промежуточной частоте 170 МГц с модуляцией О-QPSK или 64/128/256 QAM, сигналы телеуправления ВППМ, напряжение питания ВППМ (минус 60 В).

Вниз по этому же кабелю на базовый блок поступает информационный сигнал от приёмника ВППМ на частоте 70 МГц с разными видами модуляции, сигналы телесигнализации состояния ВППМ.

Для передачи сигналов вверх и вниз по одному коаксиальному кабелю в составе ББ и ВППМ предусмотрены устройства кабельного уплотнения (УКУ), которые позволяют на концах кабеля объединять и разделять входные и выходные сигналы по частоте и по направлению распространения. В УКУ компенсируется затухание до 30 дБ, вносимое кабелями при передаче сигналов ПЧ (170 МГц вверх и 70 МГц вниз от ВППМ).

2. КАНАЛ ТЧ «ВЕРХ – НИЗ»

Важная особенность данной однокабельной систе-

мы — обеспечение канала местной служебной связи «верх-низ». Для этого по тому же кабелю на отдельных поднесущих организован дуплексный канал ТЧ для телефонных переговоров операторов в процессе инсталляции и юстировки антенн в случае установки антенн на стационарных объектах (на крышах зданий и т. п.).

Переговоры непосредственно с антенного поста по всей РРЛ можно вести без нарушения передачи по РРЛ основной информации (такие возможности не обеспечиваются в других отечественных и в большинстве зарубежных РРС)

3. ДИСТАНЦИОННОЕ РАДИОУПРАВЛЕНИЕ ЮСТИРОВКОЙ АНТЕННЫ

При установке антенн на мачтах типа «УНЖА» (или аналогичных) высотой до 30 м в мобильных станциях используют электромеханическое опорно-поворотное устройство (ОПУ), управляемое дистанционно по отдельному кабелю управления и питания (P-414 и др.).

В модернизированной станции P-169PPC в однокабельной системе связи «верх-низ» предусмотрен специальный выделенный радиоканал управления электромеханическим опорно-поворотным устройством (ОПУ) по стыку RS-232. Этот стык совместно с питанием выводится из ВППМ

непосредственно на расположенной рядом ОПУ.

P-169PPC позволяет впервые в отечественных РРС отказаться от дополнительных кабелей управления и питания ОПУ

4. ЦИФРОВАЯ ИНДИКАЦИЯ УРОВНЯ СИГНАЛА НА ТРАССЕ

Для юстировки антенн и проведения профилактических работ с выносным оборудованием в составе РРС предусмотрены переносные технологические пульта (ПТ), позволяющие оперативно тестировать исправность ВППМ.

На цифровом индикаторе ПТ непосредственно отображается также запас уровня принимаемого сигнала над пороговым уровнем приемника.

Это дает возможность проверять реальное затухание сигнала на трассе, проверять тем самым правильность выбора конкретной трассы.

В системе измерений запаса входного уровня приёмника обеспечен динамический диапазон до 45 дБ над порогом, с линейной шкалой в дБ.

Величина уровня входного сигнала приёмника всех станций радиолинии фиксируется в системе ТУ-ТС в реальном времени и индицируется в любой точке доступа к РРЛ.

5. ШИРОКАЯ ПОЛОСА ПЕРЕСТРОЙКИ РАБОЧИХ ЧАСТОТ РРЛ (МИНИМИЗАЦИЯ НОМЕНКЛАТУРЫ ЗИП)

В РРС «Р-169РРС» обеспечивается возможность оперативной перестройки частот РРЛ в широких пределах, аналогично РРС фирм Ericsson, Nokia и др. Это достигнуто сочетанием предельно широкополосных СВЧ фильтров и двойного преобразования частоты в приёмнике и передатчике, с использованием высокого значения ПЧ (до 1 – 2 ГГц). В результате удалось предельно уменьшить количество частотных исполнений РРС.

Так, в отличие от всех отечественных РРС, диапазоны 11 ГГц, 15 ГГц и 18 ГГц перекрываются всего двумя литерными модификациями РРЛ.

6. НИЗКАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПРИЁМНИКА К ВОЗДЕЙСТВИЮ ФАЗОВЫХ ШУМОВ В РАДИО-ТРАКТЕ

Оптимальное построение когерентного приёмника (увеличе-

ние быстродействия системы ФАП по несущей) позволило примерно на 20 дБ снизить требования к уровню фазовых шумов, возникающих в радио-тракте, при всех скоростях передачи – от 8 Мбит/с до 155 Мбит/с, что снижает стоимость и повышает надёжность и устойчивость работы аппаратуры.

7. УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ СТРУКТУРЫ ОБОРУДОВАНИЯ

В «Р-169РРС» достигнута высокая степень универсальности оборудования – по аналогии с ведущими зарубежными фирмами:

- «Верхнее» оборудование станции Р-169РРС (приёмопередатчики) не зависит от скорости передачи информации и вида модуляции, аналогично лучшим зарубежным РРС. Это обеспечивает в перспективе возможность постепенного наращивания трафика РРЛ от 8 Мбит/с вплоть до 155 Мбит/с – без замены выносного оборудования, только изменением состава нижнего оборудования.

Предусмотрены различные исполнения ВППМ по выходной мощности передатчика: «стандартное» и с повышенной мощностью – для особо «трудных» интервалов или высокой скорости передачи.

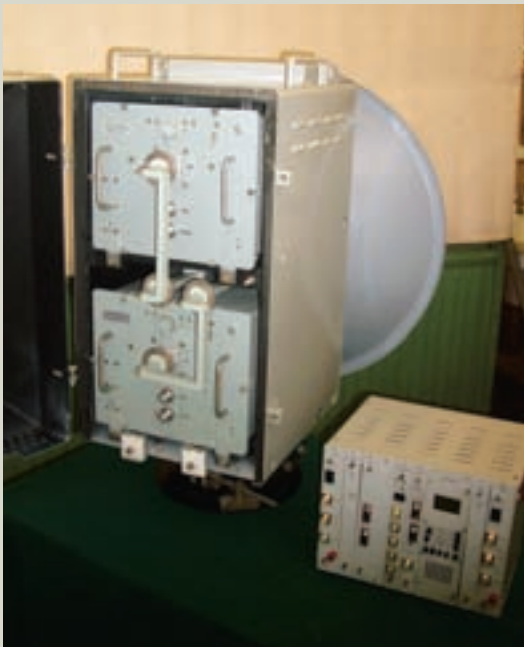
- В свою очередь, «нижнее» оборудование – базовые блоки серии ББ-Р – практически не зависят от диапазона частот. Предусмотрена возможность их использования в будущих РРС вплоть до 38 ГГц и даже до 60 ГГц.

8. ВСЕПОГОДНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ ВЫНОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Контейнер обеспечивает дополнительную защиту выносного оборудования (ВППМ, волноводные устройства, разъемы СВЧ) от снега, льда, грязи, дождя и солнечной радиации.

Антенны укрыты радиопрозрачным укрытием, что дополнительно защищает облучатель антенны от метеоусловий и грязи и обеспечивает надёжную работу антенн в течение всего срока службы РРС – не менее 15 лет.

Станция Р-169РРС до модернизации 2006-го года



Антенный пост с двумя приёмо-передатчиками в защитном кожухе и базовый блок ББ-8МС (Е2/4Е1)



Выносной приёмо-передатчик (ВППМ) до и после модернизации



Базовый блок ББ-34МС (Е3/16Е1) Корпус «4U» Соединяется с каждым приёмо-передатчиком двумя коаксиальными кабелями снижения (4 кабеля при схеме «1+1» и «2+0»)

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ СТАНЦИИ Р-169РРС

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ТРАФИК («БОВОКАВА ДОРОВЖКА»)

Радиорелейная станция Р-169РРС также обеспечивает различные варианты дополнительного трафика в зависимости от нужд пользователя. Базовый состав дополнительного трафика:

- Служебный канал с адресным, либо с циркулярным вызовом абонентов с 4-х проводным окончанием;
- Дополнительный поток Е1 – стык по G 703 (НДВ-3, 120/75 Ом);
- 2 цифровых канала по 64 кбит/с, с возможностью организации асинхронных стыков RS-232, RS-485, RS-422;
- Цепи для подключения внешних датчиков и исполнительных устройств («пожар» и «несанкционированный доступ» и т. п.);
- Выделенный канал для передачи данных пользователя по стыку RS-232 со скоростью: 9,6 кбит/с; 19,2 кбит/с; 38,4 кбит/с или 57,6 кбит/с.

СИСТЕМА ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ И ТЕЛЕСИГНАЛИЗАЦИИ (ТУ-ТС)

Местная ТУ-ТС позволяет:

- переключать рабочие волны отдельно передатчика и приёмника; устанавливать режим автоконтроля (СВЧ шлейф); дежурный режим (выключение передатчика); шлейф по групповому цифровому потоку в сторону радиоканала;
- отображать сигналы аварии передающего тракта, приемного тракта, индицировать уровень сигнала на входе приемника в дБ и достоверность принимаемой информации в диапазоне 10–3 до 10–12;

Линейная система ТУ-ТС:

- отображает состояние любой из 62-х станций РРЛ, индицирует уровень принимаемых сигналов, установленные частоты, достоверность передачи информации и уровень входного сигнала приёмника каждой из 62-х станций;

Диапазон частот, ГГц	Шаг сетки частот, МГц	Колич-во рабочих волн	Параметры энергетики РРС			
			Рпрд в антенне не менее, мВт	Р ПРМ, дБВт, при BER=10-6		
				Е3	Е2	STM-1
4.4-5.0	10	25 пар	500	-109	-115	-100
5.27-5.6	10	20 пар	500	-109	-115	-100
7.25-7.55	3,5	39 пар	400	-109	-115	-100
7.9-8.4	7	32 пары	400	-109	-115	-100
10.7-11.7	10	45 пар	250	-108	-114	-99
14.4-15.35	7	64 пары	100	-108	-114	-99
17.7-19.7	13,75	71 пара	80	-107	-113	-98

Коэффициент усиления антенн, дБ, станции Р-169РРС в разных диапазонах частот, ГГц							
Диаметр антенны	4,4-5,0	5,27-5,67	7,25-7,55	7,9-8,4	10,7-11,7	14,4-15,35	17,7-19,7
0,6 м	-	27	30	31	33	36	37
1,2 м	32	33	36	37	39	41	42
1,75 м	35	-	39	40	-	-	-

Скорость передачи	Информационные интерфейсы основного трафика:
8448	Е2; 4Е1; Ethernet 10/100 Base Тх; 2Е1 + Ethernet 10/100 Base Тх
34368	Е3; 16Е1; 8Е1 + Ethernet 10/100 Base Тх; Е3 optical; Ethernet 10/100 Base Тх с постоянной информационной скоростью 27 Мбит/с плюс Е1
155,52	Ethernet 10/100 Base Тх с информационной скоростью 100 Мбит/с плюс 4Е1

- позволяет устанавливать шлейфы основного информационного потока по групповому цифровому сигналу, включение/выключение дежурного режима;

С помощью специального программного обеспечения реализуется возможность телеуправления и теленаблюдения сети произвольной конфигурации радиорелейных станций (компьютерный мониторинг), а также возможность передачи управления в сеть более высокого уровня по протоколу SNMP с присвоением IP адресов.

ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ СТАНЦИИ Р-169РРС

Осуществляется от сети постоянного тока напряжением от 18 до 72В либо от сети переменного тока 166–262В. Потребляемая мощность не более 60 Вт на один ствол при скоростях передачи 8448 и 34368 Кбит/сек., и не более 120 Вт для скорости передачи 155,52 Мбит/сек. Источник бесперебойного питания ИБС-150-60СИ обеспечивает работу одного ствола станции в течение 2-х часов при пропадании электропитания.

Конструкция и общий вид составных частей модернизированной станции Р-169РРС

Конструктивно станция Р-169РРС, как и другие современные РРС, состоит из двух частей:

- выносного – наружного – оборудования, (вынесенный «антенный пост»);
- оборудования, устанавливаемого внутри аппаратного помещения («нижнее» — или базовое — оборудование).

ВЫНОСНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ включает в себя два выносных приемо-передающих модуля (ВПМ), установленных в защитный кожух-контейнер, и антенны с ОПУ.



Антенный пост с двумя приёмо-передатчиками в защитном кожухе – контейнере

(показан с открытой крышкой)

Диаметр антенны – 1,2 м.

После монтажа и юстировки контейнер закрывается и может быть опечатан. Приёмопередатчики в каждом диапазоне – сменные, охватывают скорости передачи **от 8 Мбит/с до 155 Мбит/с**. Соединяются с аппаратной одним коаксиальным кабелем снижения для всех скоростей передачи. (Два кабеля при схеме «1+1» и «2+0»)

Уменьшение габаритов защитного кожуха выносного оборудования в результате модернизации.

БАЗОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ включает в себя:

- базовый блок ББ-Р;
- блок модемов БМ-155 (только в варианте 155 Мбит/с);
- мультиплексор ТС-155АДМ (только в варианте 155 Мбит/с).

При необходимости поставляется также источник бесперебойного питания ИБП-150-60СИ.

Унифицированный базовый блок ББ-Р 8/34
(на скорости передачи до 34 Мбит/с)



Корпус — «2U». Блок соединяется с каждым приёмо-передатчиком одним коаксиальным кабелем (два кабеля на антенный пост «1+1»)

БАЗОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СТАНЦИИ В РЕЖИМЕ 155 Мбит/с

Базовый блок ББ-Р155 («2U») для передачи потоков 155 Мбит/с (64QAM, 128 QAM или 256 QAM).

Соединяется с каждым приёмо-передатчиком одним коаксиальным кабелем (два кабеля на антенный пост при схеме связи «1+1» или «2+0».)



Блок модемов БМ-155ФМ на скорость передачи 155 Мбит/с. Корпус «1U».

Стык — ПЧ 70 МГц, сигналы 64QAM, 128 QAM или 256 QAM



Мультиплексор ТС-155 АДМ. Корпус «1U».

Варианты состава:

63E1; 4E1 + Ethernet — 100 Мбит/с и др.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работы по совершенствованию станций Р-169РРС продолжаются, так что проведённая в 2006 году модернизация – лишь очередной важный шаг в деле развития военных отечественных РРС, которым, как известно, длительное время не уделялось должного внимания в стране в связи с общей экономической ситуацией.

Одним из направлений дальнейшей работы ЗАО «Радиосвязь-ФМ» является сегодня создание совместно с ОАО «Электроаппарат» (г. Ростов-на-Дону) мобильного радиорелейного оборудования серии «РЕЛА» на базе наработок предприятий как в области радиорелейного оборудования, так и в части быстро развёртываемых антенных опор высотой до 25–30 м, перевозимых на одном автомобиле совместно со всем оборудованием РРС.

ЗАО «Радиосвязь-ФМ»

Россия, 117216, г. Москва,
Феодосийская ул., д. 1

(Северное Бутово)

тел.: (495) 713-0377, 713-9610

713-9406, 713-9403

факс: (495) 713-0381, 713-0345

e-mail: rrl@radio-fm.ru