



СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ РАДИОМОНИТОРИНГА. В БУДУЩЕЕ ШАГ ЗА ШАГОМ

А. Р. Сергиенко
С. Б. Переверзев

Анализ тенденций развития рынка технических средств радиомониторинга в последние годы однозначно приводит к заключению о том, что российские изготовители в соответствии с общей мировой тенденцией включились в гонку производительностей, расширения частотных диапазонов и функциональных возможностей изготавливаемой аппаратуры. Причем отечественные разработчики, которые ранее в погоне за дешевизной при создании новых образцов использовали преимущественно импортные блоки и модули (в частности, радиоприемные устройства — РПУ), в настоящее время активно отходят от этой практики. Подобный подход имеет ряд существенных недостатков, среди которых ограниченность по функциональности, производительности и ряду других технических характеристик. Поэтому начиная с 2000 года лидирующие российские фирмы-изготовители пошли по пути создания собственных радиоприемных устройств и специализированных модулей с необходимыми характеристиками, несмотря на объективную сложность этого пути.

➤ Первыми на широком рынке около шести лет назад появились отечественные цифровые панорамные РПУ серии АРК-ЦТ с высокими по тем временам показателями производительности в 150 МГц/с и динамического диапазона по интермодуляции 2 и 3-го порядка в 70 дБ. Данные ЦРПУ также пришли на замену импортным связным приемникам в мобильных и стационарных системах радиомониторинга и пеленгования. На их же основе были созданы измерительные средства АРК-Д1ТИ и АРК-Д1ТР, сертифицированные Госстандартом Российской Федерации [3, 4, 5].

Эта ветвь технических средств получила дальнейшее развитие, и в 2003–2004 годах был создан высокопроизводительный комплекс АРК-Д7 [7], имеющий в своем составе два физических канала приема, преобразования и обработки сигнала с когерентно связанными гетеродинами. Данный

принцип позволяет производить практически синхронные оценки уровня радиосигналов с двух антенн (или коммутируемых групп антенн), что очень важно для реализации алгоритмов пространственной селекции источника сигнала. Перечисленные комплексы относятся условно к 3 и 4-му поколениям аппаратуры радиомониторинга [8].

Однако и эти виды оборудования при сравнении с уровнем требований сегодняшнего дня обнаруживают ряд несоответствий и недостатков. Так, даже комплексы из класса портативных, как правило, занимают объем кейса средней величины и функционируют только на временных или стационарных постах. Поэтому скрытная транспортировка подобных комплексов весьма затруднительна, а скрытное применение — практически невозможно. В то же время в некоторых условиях, например при выявлении и локализации нелегитим-

ных передатчиков, выполнении задач оперативно-разыскной деятельности (ОРД) или проведении контртеррористических операций, в силу известных причин имеется потребность именно в скрытном применении средств радиоконтроля с возможностью функционирования «на ходу». Кроме того, работа в полевых условиях накладывает жесткие требования на габариты, масса, энергопотребление комплекса, время его развертывания и запуска [2].

Другим недостатком РПУ 3 и 4-го поколений является относительно низкая технологичность их производства. Этот показатель важен и для конечного потребителя, поскольку в случае низкой технологичности изделия производителю гораздо сложнее (а значит, и дороже) обеспечить достаточную повторяемость характеристик узлов и блоков даже внутри одной партии и надежность изделия в целом. В связи с этим встала задача разработки радиоприемного устройства нового поколения, которое, обладая всеми положительными характеристиками своих предшественников, в то же время имело бы низкие массогабаритные показатели и было бы более технологичным в изготовлении.

Во-первых, это означает создание измерительных, мониторинговых и поисковых средств, значительно превосхо-

дующих перечисленные средства 3 и 4-го поколений по характеристикам при той же стоимости либо существенно меньших массогабаритных показателях.

Во-вторых, это возможность создания на базе нового класса РПУ семейства комплексов радиомониторинга, обладающих следующими выгодными особенностями [8]:

- размещение в качестве дополнительного снаряжения оператора, делающее возможным использование аппаратуры при движении, «на ходу»;
- возможность применения некоторых моделей как в открытом, так и в скрытом варианте;
- несколько вариантов управления аппаратурой: полностью автономный (без применения средств вычислительной техники), а также под управлением ПЭВМ различных типов.

В-третьих, блочная структура изделий позволяет конструировать на основе отдельных модулей системы самого различного назначения, включая многоканальные системы радиомониторинга и дистанционного радиомониторинга в одном и нескольких помещениях, моноимпульсные пеленгаторы, измерительную технику.

РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЬНОЙ КОНЦЕПЦИИ ПОСТРОЕНИЯ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАДИОМОНИТОРИНГА

Семейство ЦРПУ, на базе которого строится ныне оборудование сразу нескольких групп средств радиомониторинга, пеленгования и поиска источников радиоизлучения, создано в конце 2004 года и носит название серии «АРГАМАК» [1, 6]. Модули, функционально законченные радиоприемные устройства и комплексы на их базе можно представить в виде иерархической структуры (рис. 1), построенной по принципу содержания одних устройств в составе других.

Таким образом, модули представляют собой своего рода «элементарные частицы», из которых создаются радиоприемные устройства и комплексы на их базе, с одной стороны, и аппаратура самого разного назначения, канальности, структуры — с другой. В последнем случае аппаратура может изготавливаться как производителем модулей, так и непосредственно самими заказчи-

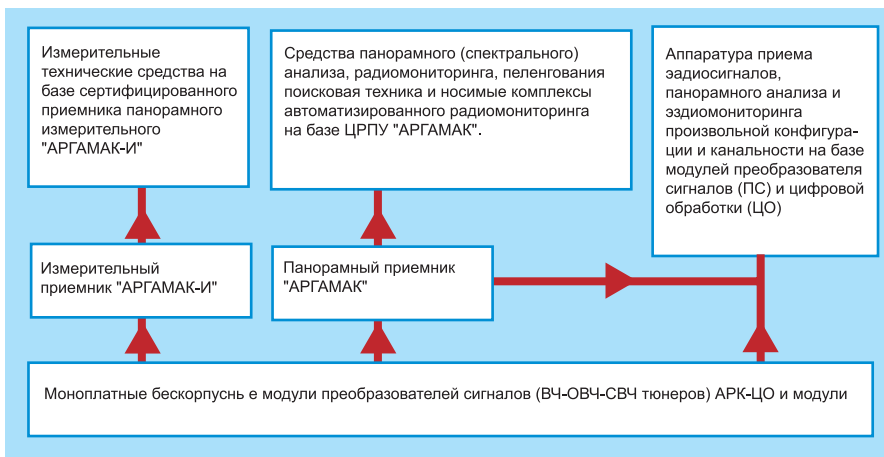


Рис. 1. Иерархическая структура модулей и средств радиомониторинга



Рис. 2. Печатная плата преобразователя сигналов АРК-ПС5 для установки в изделие пользователя



Рис. 3. Модули аналогово-цифровой обработки сигналов АРК-ЦО для установки в изделия пользователя



Рис. 4. Приемник панорамный измерительный «АРГАМАК-И»

ками при содействии фирмы-производителя.

МОДУЛЬ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СИГНАЛОВ

В основу технических требований к ЦРПУ положены требования, предъявляемые к аппаратуре класса В при ограничениях по потребляемой мощности (аналоговый тюнер не более 6 Вт, модуль цифровой обработки сигнала не более 9 Вт).

Реализованы режимы синхронизации: по внутреннему генератору, по внешнему генератору, полностью ведомый, ведущий с выдачей синхронизирующего сигнала на несколько ведомых устройств. Благодаря этому появляется возможность объединения нескольких ЦРПУ без доработки в систему с когерентными гетеродинами для построения многоканальных комплексов пеленгования. Кроме того, для измерительной модификации изделия «АРГАМАК-И» [6] возможно применение внешнего опорного генератора с повышенной стабильностью частоты.

Следует отметить, что поставленные цели были достигнуты за счет комплекса мер, основными из которых можно считать:

- использование лучших современных компонентов ведущих мировых производителей;
- применение современных материалов и технологий для сокращения уровня потерь и влияния паразитных цепей. Достигнута плотность поверхностного монтажа около 10 элементов/см²; общее количество устанавливаемых на плату элементов — порядка 1500;
- системное моделирование радиотракта позволило сбалансировать параметры его узлов;

- исполнение модуля разработано с учетом необходимости полной электромагнитной совместимости в составе произвольной аппаратуры без дополнительных доработок.

Модуль аналого-цифровой обработки

Рассмотренный выше аналоговый тюнер «АРГАМАК-Т» (модуль АРК-ПС5) позволяет получить радиосигнал на промежуточной частоте, но конечной целью является создание универсальных носимых средств радиомониторинга, позволяющих вести обнаружение, контроль, запись в векторной форме, технический анализ и пеленгование различных источников. Данные задачи решаются путем обработки сигналов на современных цифровых сигнальных процессорах. В модуле АРК-ЦО предусмотрено наличие аналоговых фильтров. Демодуляция сигнала осуществляется программно-аппаратными средствами. Имеется возможность записи радиосигналов в векторной форме для последующего технического анализа. Модуль является двухканальным, что позволяет производить когерентную обработку сигналов, принимаемых по обоим каналам, и обеспечивает высокую производительность при решении задач пеленгования, демодуляции и записи радиосигнала в векторной форме.

Данный модуль содержит три цифровых сигнальных процессора фирмы «Analog devices» и два управляющих процессора с ядром Intel 8051 для контроля звука и обмена данными между ПЭВМ, цифровыми процессорами и аналоговым тюнером. Возможность подключения внешнего высокостабильного опорного генератора позволяет повысить точность измерения несущей частоты радиосигнала. Для уменьшения уровня помех плата после регулировки подвергается тщательной экранировке (рис. 3)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ГРУПП СРЕДСТВ РАДИОМОНИТОРИНГА С ВНЕДРЕНИЕМ НОВОГО СЕМЕЙСТВА РАДИОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ

Для повышения производительности обработки в широком диапазоне частот может быть использовано два основных подхода. Первый заключается в расширении полосы одновременно обрабатываемых ча-

Таблица 1. Основные технические характеристики модуля АРК-ПС5 («АРГАМАК-Т»)

Рабочий диапазон частот базового комплекта	9 кГц — 3000 МГц
КСВН по входу	< 3
Дискретность настройки ВЧ-тюнера по частоте	100 кГц
Входной аттенюатор	10, 20, 30 дБ
Максимально допустимое напряжение на входе	23 дБм
Коэффициент шума по входу: в диапазоне 25–500 МГц в диапазоне 500–3000 МГц	не более 12 дБ (тип.11) 12–14 дБ (тип.13)
Нестабильность частоты опорного генератора за сутки	1 · 10 ⁻⁶
Относительная погрешность установки частоты	1 · 10 ⁻⁶ (–20 ...+50 О С)
Время настройки синтезатора, не более	3 мс
Фазовый шум гетеродина при расстройке на 10 кГц: в диапазоне 25–1000 МГц в диапазоне 1000–3000 МГц	минус 95 дБс/Гц минус 85 дБс/Гц
Ослабление помехи промежуточной частоты, не более	70 дБ
Избирательность по зеркальному каналу	70
Динамический диапазон по интермодуляции 2 и 3-го порядка	75
Точка пересечения интермодуляции (IP3) 3-го порядка по входу, не менее	±1 дБм
Неравномерность коэффициента передачи в рабочем диапазоне частот базового состава, не более	±3 дБ
Частота аналогового сигнала ПЧ	10,7; 41,6 МГц
Полоса пропускания до выхода ПЧ 10,7 МГц	2 МГц
Полоса пропускания до выхода ПЧ 41,6 МГц	5 МГц
Интервал рабочих температур: вариант 1 вариант 2	от –20 до +50 О С от –40 до +30 О С
Напряжение питания	9–16 В
Потребляемая мощность, не более	6 ВА
Размеры (ширина x высота x глубина при установке в корпусе)	106x32x200 мм
Масса рабочего комплекта «АРГАМАК-Т», не более	1 кг

Таблица 2. Варианты исполнения АРК-ЦО5, АРК-ЦО2, АРК-ЦО10

Модуль	Количество каналов	Полоса, МГц	Значение ПЧ, МГц	Дискретность, кГц	Достижимая производительность при многоканальной структуре (при 2–8 каналах), ГГц/с
АРК-ЦО2.10	2	2	10,7	3,125	3–8
АРК-ЦО2.41	2	2	41,6	3,125	3–8
АРК-ЦО5	2	5	41,6	6,25	8–32
АРК-ЦО10	2	10	41,6	12,5	16–64
АРК-ЦО2.41-1	1	2	41,6	3,125	
АРК-ЦО2.10-1	1	2	10,7	3,125	
АРК-ЦО5-1	1	5	41,6	6,25	

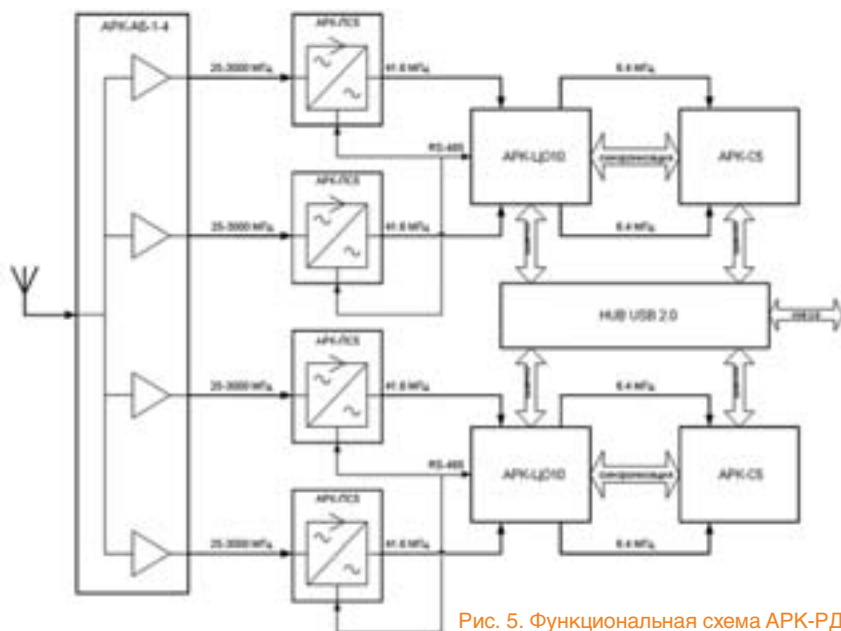


Рис. 5. Функциональная схема АРК-РД8М/4



Рис. 6. Внешний вид изделия АРК-РД8М/4

стот при соответствующем увеличении разрядности АЦП и увеличении мощности процессора обработки. Этот подход оправдан при низкой загруженности электромагнитной обстановки (ЭМО) или обработке широкополосных сигналов, все спектральные компоненты которых связаны между собой определенными амплитудными соотношениями.

Поскольку такие условия в общем случае встречаются редко, более оправдан другой подход, суть которого заключается в сочетании определенного числа физических каналов частотной селекции (модулей АРК-ПС5) и модулей цифровой обработки (АРК-ЦО).

Многоканальные РПУ АРК-РД8М могут иметь в составе от двух до восьми управляемых от одной ПЭВМ независимых преобразователей радиосигнала АРК-ПС5 и, соответственно, от одного до четырех двухканальных модулей цифровой обработки АРК-ЦО с полосами одновременного анализа 2, 5 или 10 МГц в каждом канале.

Функциональная схема и внешний вид изделия АРК-РД8М/4 с четырьмя физическими каналами частотной селекции от 25 до 3000 МГц каждый представлены на рис. 5, 6.

Упрощенный вариант многоканального панорамного приемника

Особый интерес представляет двухканальная модификация АРК-Д11 изделия АРК-РД8М, которая яв-

Таблица 3. Основные характеристики изделия АРК-РД8М/4	
Рабочий диапазон частот в максимальной конфигурации	9 кГц — 18 ГГц
Аттенюатор	0–30 дБ с шагом 2 дБ
Чувствительность	1,5 мкВ
Полоса одновременного спектрального анализа в каждом канале: для АРК-ЦО5 для АРК-ЦО10	5 МГц 10 МГц
Скорость в рабочем диапазоне при 2–8 каналах: для АРК-ЦО5 (дискретность 6 кГц) для АРК-ЦО10 (дискретность 12 кГц)	8–32 ГГц/с 16–64 ГГц/с
Питание: от сети переменного тока от автомобильной бортовой сети от автономного аккумулятора	90–250 В 10,6–13,6 В 12 В
Количество контролируемых каналов	2–8
Количество частот в задании на сканирование	255
Количество диапазонов в задании на поиск	255
Дискретность настройки на радиосигнал	1 Гц
Полоса обрабатываемых частот: для АРК-ЦО5 при разрешении 12 Гц — 15 кГц для АРК-ЦО10 при разрешении 12 Гц — 30 кГц	6 кГц — 5 МГц 6 кГц — 10 МГц

ляется дальнейшим развитием аппаратуры АРК-Д7К [7] на основе модулей семейства «АРГАМАК» и обеспечивает следующие функции: двухканальный радиоконтроль и синхронный радиомониторинг в масштабе реального времени с двумя когерентно связанными каналами приема и обработки; двухканальный синхронный или одноканальный поиск и выявление

технических каналов утечки информации, накопление и ведение базы данных; корреляционный прием шумоподобных сигналов; запись радиосигналов в векторной форме на жесткий диск ПЭВМ; технический анализ, определение вида модуляции и измерение параметров радиосигналов; контроль проводных сетей.



Рис. 7. Базовый комплект АРК-НК3И (9 кГц — 3 ГГц) с ЦРПУ «АРГА-МАК-И» в малогабаритном кейсе



Рис. 8. АРК-НК3И в вариантах для открытого и скрытного пеленгования и автоматизированного радиомониторинга

НОВОЕ СЕМЕЙСТВО НОСИМЫХ СРЕДСТВ РАДИОМОНИТОРИНГА НА БАЗЕ ЦРПУ «АРГАМАК»

В заключение отметим также начало серийного производства большого семейства носимых комплексов радиомониторинга на базе ЦРПУ «АРГАМАК» [1]. Предназначенные для использования в носимом (а некоторые модели и в скрытноносимом, рис. 8.1, 8.2) варианте, эти комплексы являются прекрасным инструментом решения как общих задач радиомониторинга, так и некоторых специальных задач. Характерными представителями этого семейства являются носимые комплексы АРК-НК3 и АРК-НК3И (измерительный вариант изделия, внешний вид приведен на рис. 7).

Таблица 4. Основные технические характеристики комплексов АРК-НК3, АРК-НК3И

Диапазон частот в режиме приема: базовый состав в максимальной конфигурации	9 кГц — 3 ГГц 9 кГц — 18 ГГц
Динамический диапазон по интермодуляции 2 и 3-го порядка	75 дБ
Дискретность установки частоты РПУ	1 Гц
Диапазон рабочих температур	от -20 до +500С
Размеры, не более	240x120x150 мм
Масса базового комплекта	5 кг
Питание: от аккумулятора от сети переменного тока от автомобильной бортовой сети	12 В 90–250 В 10,6–13,6 В
Метод пеленгования	амплитудный
Диапазон частот при пеленговании (базовый состав)	25–3000 МГц
Чувствительность в режиме пеленгования: при открытом пеленговании при скрытном пеленговании	20–50 мкВ/м 50–200 мкВ/м
Пределы оценки уровня сигнала (с учетом аттенюаторов)	120 дБ
Инструментальная точность пеленгования : при открытом пеленговании при скрытном пеленговании	7–15°10–20°
Полоса одновременного анализа (с дискретностью 12 кГц / 3 кГц)	2 МГц / 0,5 МГц
Скорость (МГц/с)	20 / 8 МГц/с
Чувствительность	1 мкВ
Полоса отображаемых частот	2 МГц; 0,5 МГц
Режимы отображения спектра	мгновенный, усредненный, накопленный
Неравномерность АЧХ в полосе пропускания по выходу ПЧ	не более 1 дБ
Пределы допустимой относительной погрешности измерения частоты от внутреннего опорного генератора	±(Физм · 2 · 10-6)
Предел допустимой абсолютной погрешности измерения уровня синусоидального сигнала в диапазоне рабочих частот: без калибровки с калибровкой	±3 дБ ±1,5 дБ
Разрешающая способность по различению двух равноуровневых сигналов (при полосе обзора 6 кГц — 2 МГц)	30 Гц — 7кГц

Изделия АРК-НК3, АРК-НК3И обеспечивают выполнение следующих задач:

под управлением с наручного пульта (при перемещении оператора с аппаратурой) – панорамный анализ с визуальным отображением, пеленгование ручное [9] (скрытное или открытое);

под управлением карманного персонального компьютера (КПК) (на остановках) — измерение парамет-

ров радиосигналов, контроль радиочастотного плана, побочных излучений, пеленгование ручное [9] (скрытное или открытое). При измерении используются калиброванные антенны (на штативе);

под управлением внешней ПЭВМ (на временных и стационарных постах) — измерение параметров радиосигналов (в том числе панорамный и технический анализ), автоматизированный радиоконт-

роль, запись в векторной форме обнаруженных радиосигналов, демодулированных передач и служебных параметров.

В статье было рассмотрено лишь несколько примеров успешных решений по совершенствованию технических средств радиомониторинга. Активное развитие рынка отечественных разработок в этой области, которое мы наблюдаем в последнее время, дает все основания утверждать, что на сегодняшний день в России темпы развития данной области как минимум соответствуют мировым или даже их превосходят. Российские компании всех форм собственности, получившие самостоятельность в непростой обстановке 1990-х годов, находятся, к сожалению, в положении догоняющих. Тем не менее совершенно очевидно, что период становления и адаптации к новым условиям пройден большинством фирм успешно. Множится количество разработок, заслуживающих самого серьезного внимания потребителей, и это, безусловно, свидетельство уверенного движе-

ния всей отрасли и особенно ее лидеров в будущем. Шаг за шагом.

ЛИТЕРАТУРА

Рембовский А.М., Ашихмин А.В., Сергиенко А.Р. Носимые средства автоматизированного радиомониторинга // Специальная техника. — 2004. — № 4.

Ашихмин А.В., Козьмин В.А., Рембовский Ю.А. Портативная система радиомониторинга и определения местоположения источников радиоизлучения // Специальная техника. — 2005. — № 2, 3.

АРК-Д1ТИ — многофункциональный портативный комплекс радиомониторинга. Сертификат Госстандарта РФ об утверждении типа средств измерений RU.C.35.002.A № 13618 от 03.12.2002, зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 23924-02.

АРК-Д1ТИ — многофункциональный портативный комплекс радиомониторинга и выявления технических каналов утечки информации. Сертификат ФСТЭК № 506/1 от 01.02.2005.

АРК-Д1ТР — приемник панорамный измерительный. Сертификат Госстандарта РФ об утверждении типа средств измерений RU.C.35.002.A № 13618 от 03.12.2002, зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 23924-02.

Приемник панорамный измерительный «АРГАМАК-И». Сертификат Госстандарта России об утверждении типа средств измерений RU.E.35.018.A № 18189 от 04.07.2004.

Рембовский А.М. Комплексное решение задач радиомониторинга на основе многофункциональной аппаратуры с двумя трактами приема-анализа // Специальная техника. — 2003. — № 5.

Рембовский А.М. Автоматизированный радиоконтроль излучений — задачи и средства // Специальная техника. Специальный выпуск. — 2002. — С. 2–6.

Ашихмин А.В., Рембовский А.М. Носимые пеленгаторы источников радиоизлучений // Специальная техника. Специальный выпуск. — 2003.



10-я специализированная выставка-форум

11-14
ОКТАБРЯ
2 0 0 5

г. Самара
Выставочный комплекс
им. П. Алабина

ОРГАНИЗАТОРЫ



тел: (095) 101-44-07
факс: (095) 101-44-17
www.rte-expo.ru



тел: (8462) 704-100
факс: (8462) 704-172
www.expodom.ru



Безопасность Телекоммуникации Информация

В рамках выставки конференция
«Высокие технологии, информация, безопасность»

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА

МЧС России
Самарская поисково-спасательная
служба

Управление Государственной
Противопожарной службы МЧС
Самарской области