

# ПРИЕМНИК ПАНОРАМНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ АРК-Д1ТР

СЕРГЕЕВ В.Б.  
СЕРГИЕНКО А.Р.  
ПЕРЕВЕРЗЕВ С.Б.

В данной статье рассматривается приемник панорамный измерительный АРК-Д1ТР, особенности его использования в составе стационарных и мобильных многофункциональных измерительных комплексов и приемы калибровки аппаратно-программной части радиоприемного устройства и комплекса в целом. Данная статья открывает цикл публикаций о новостях в области отечественного сертифицированного измерительного оборудования.

## ЗАДАЧА ПРОВЕДЕНИЯ РАДИО- И РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

К важнейшим задачам совершенствования систем радиомониторинга относится необходимость повышения точности измерения частотных и временных параметров радиосигналов. К таким параметрам относятся значения несущей частоты и уровня, ширина полосы и др. Разработка и производство отечественных систем и комплексов радиомониторинга начались не вчера. Ведущими государственными организациями и коммерческими фирмами было разработано большое количество ныне представленных на рынке технических средств с функциями радиомониторинга, панорамного и спектрального анализа, обработки и анализа сигналов, пеленгования. По мере роста потребностей пользователей в последнее время также переживает подъем направление разработки и производства измерительных средств.

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИЕМНИКЕ ПАНОРАМНОМ ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ АРК-Д1ТР

Выпуск приемника панорамного измерительного АРК-Д1ТР 3-го поколения освоен в рамках программы развития радиоприемных комплексов [3]. Приемник предназначен для измерения параметров спектров радиосигналов в частотном диапазоне от 20 до 2020 МГц. Такие комплексы автоматизированы, обеспечивают ввод информации в систему, автоматизацию процесса измерения, обработку и отображение результатов измерений.

Приемник представляет собой переносной прибор настольного типа, состоящий из двух основных блоков - блока ЦТ1 и блока АЦО1. Внешний вид приемника со стороны задних панелей приведен на рисунке 1.



Рис.1 Внешний вид приемника

Приемник имеет широкие функциональные возможности с точки зрения процесса обработки сигналов, а именно: прием, усиление, частотная селекция в диапазоне, оцифровка, обработка с помощью установленного непосредственно в изделии программного обеспечения с гибко меняющимися параметрами алгоритмов с выдачей спектральных данных для дальнейшей обработки и визуализации.

### ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Рабочий диапазон частот базового комплекта	20 – 2020 МГц
Рабочий диапазон частот с дополнительными устройствами	9 кГц – 18 ГГц
Скорость панорамного анализа в рабочем диапазоне	150 МГц/с
Стабильность частоты встроенного опорного генератора	$2 \times 10^{-6}$
Вход внешнего опорного сигнала	предусмотрен
Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения частот:	
на частотах от 20 до 1012 МГц	±3 кГц
на частотах от 1012 до 2020 МГц	±6 кГц
Программно переключаемые полосы обзора	2 МГц, 1 МГц, 250 кГц
Допускаемая абсолютная погрешность установки полосы обзора	±4 кГц
КСВН по входу при номинальном входном сопротивлении 50 Ом, не более	3

Уровень собственных шумов, не более: на частотах от 20 до 1012 МГц на частотах от 1012 до 2020 МГц	-116 дБм (-9 дБмкВ) <sup>1)</sup> -113 дБм (-6 дБмкВ)
Односигнальная избирательность по побочным каналам на зеркальных и промежуточных частотах, не менее	70 дБ
Избирательность по побочным каналам на комбинационных частотах, не менее (на участке частот от 1012 до 2020 МГц избирательность по побочным каналам на комбинационных частотах не нормируется)	70 дБ
Максимально допустимый сигнал на входе приемника	100 мВ
Диапазон измеряемых уровней входного сигнала	от уровня собственных шумов + 6 дБ, до -7 дБм
Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения уровней: без дополнительной калибровки с дополнительной калибровкой	±3 дБ ±1.5 дБ
Интермодуляционные искажения 3-го и 2-го порядка, не более	-70 дБ
Разрешающая способность по различению двух сигналов, не хуже	7 кГц
Питание от внешнего источника постоянного тока	27 В
Допустимые отклонения напряжения питания от номинального	±3 В
Потребляемый ток, не более	1.2 А
Время установления рабочего режима, не более	30 мин
Продолжительность непрерывной работы, не менее	24 ч
Масса	7.5 кг
Габариты	340 x 260 x 130 мм
Средняя наработка на отказ, не менее	10000 ч
Средний срок службы, не менее	5 лет
Вид климатического исполнения – УХЛ3.1 по ГОСТ 15150 при рабочих условиях: рабочий диапазон температур относительная влажность при температуре +25°C атмосферное давление	+5...+40°C до 98 % от 84 до 106.7 кПа

<sup>1)</sup> Здесь и далее дБм обозначает дБ относительно 1 мВт, а дБмкВ обозначает дБ относительно 1 мкВ.

Качественно новый уровень технических характеристик по сравнению с ранее применявшимися приемниками обусловлен не только применением современной элементной базы, оригинальностью схемотехнических решений, но и предшествующими многолетними наработками в области создания собственных радиоприемных устройств. Предварительно были проведены исследования в области создания ВЧ-трактов РПУ, системы аналого-цифрового преобразования, алгоритмов цифровой обработки сигналов, решения задач межблочной электромагнитной совместимости. Следствием этих мероприятий явилось создание радиоприемного устройства, сочетающего в себе увеличенный динамический диапазон, высокую скорость панорамного анализа при малой (изменяемой) дискретности отображение спектра по частоте, высокую стабильность параметров ВЧ-тракта и времязадающих устройств, низкий уровень собственных шумов и практическое отсутствие пораженных частот. Предусмотрены также все необходимые возможности для калибровки приемника в целом и отдельных его узлов, о чем будет рассказано ниже. Все перечисленные особенности изделия сделали возможным его использование в качестве средства измерения параметров сигналов, что и удостоверяется сертификатом № 13618 Госстандарта России от 03.12.2002г. о внесении приемника панорамного измерительного АРК-Д1ТР в реестр средств измерения РФ под №23924-02 и лицензией Госстандарта РФ на его производство № 000403-ИР.

Учитывая сказанное выше, можно выделить две очевидные области применения приемника.

- во-первых, приемник может поставляться исключительно как измерительное средство, работающее автономно под управлением ПЭВМ. При этом пользователем может быть создан комплекс на базе приемника и уже имеющегося оборудования. Дополнительно возможна поставка измерительных калиброванных антенн на диапазон 9 кГц – 18 ГГц и повышение диапазона рабочих частот панорамного анализа до 6 ГГц либо до 18ГГц применением выносных дистанционно управляемого конвертера частоты АРК-КНВ4, проходящего в настоящее время сертификацию.
- во-вторых, возможна поставка приемника в качестве элемента готового комплекса радиоконтроля и/или поиска технических каналов утечки информации.

Логическая структура приемника повторяет его конструктивное строение. Структурная схема приемника АРК-Д1ТР приведена на рисунке 2.

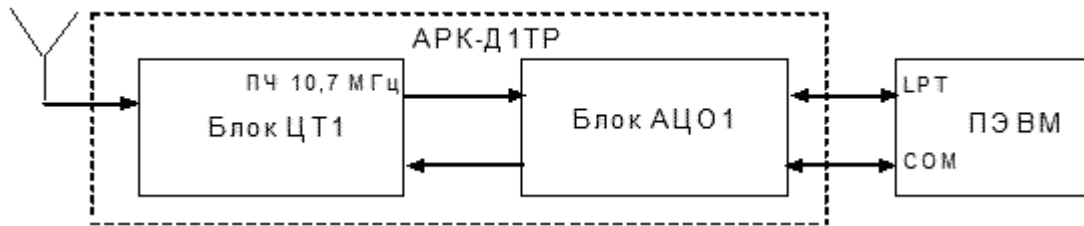


Рис. 2. Структурная схема приемника АРК-Д1ТР

Блок ЦТ1 предназначен для приема радиосигналов частотой от 20 до 2020 МГц и их преобразование в промежуточную частоту 10,7 МГц.

Структурная схема блока ЦТ1 (рис. 3) отражает внутренние взаимосвязи между элементами блока.

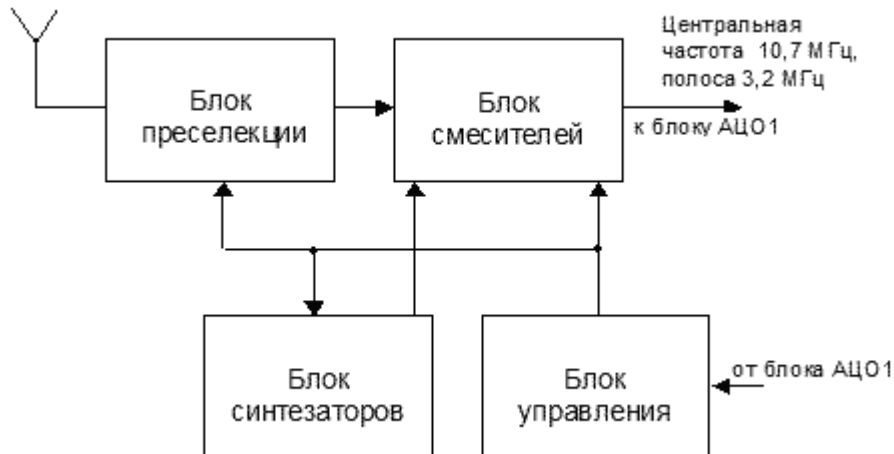


Рис. 3. Структурная схема блока ЦТ1

Блок преселекции осуществляет первичную фильтрацию сигнала с целью согласования его параметров с характеристиками преобразователей в блоке смесителей. Блок синтезаторов формирует сетку опорных частот. В блоке смесителей осуществляется перенос сигналов с радиочастот на ПЧ и подавление внутренних зеркальных каналов, связанных с процессом переноса.

Блок управления обеспечивает координацию всего процесса, получая, в свою очередь, команды от блока АЦО.

Вторая основная конструктивная единица приемника, блок АЦО1, состоит из блока аналоговой обработки (АО), блока цифрового сигнального процессора (ЦСП), контроллера управления и блока питания. Структурная схема блока АЦО1 представлена на рисунке 4.

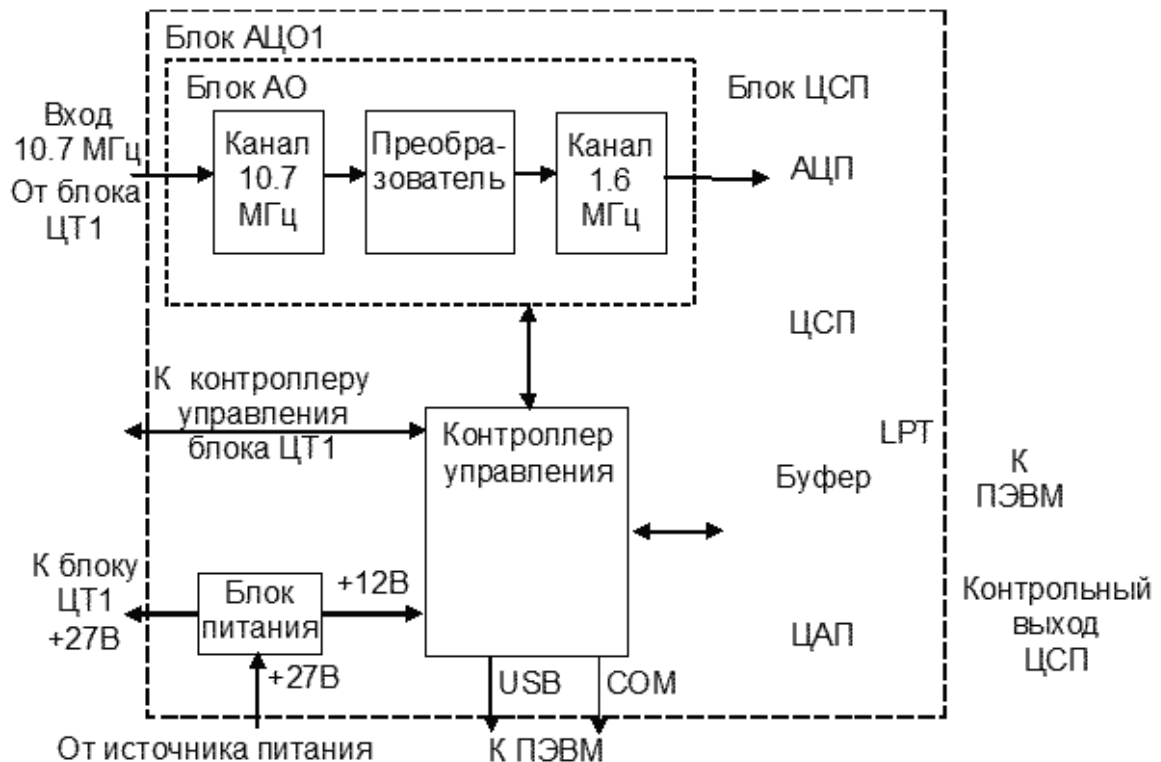


Рис. 4. Структурная схема блока АЦО1

Блок АО осуществляет подготовку выходного сигнала тюнера к оцифровке и дальнейшей цифровой обработке в блоке ЦСП с переносом сигнала на входную частоту устройства АЦП 1,6 МГц, а также требуемое усиление сигнала. К тому же блок АО обеспечивает подавление зеркальных каналов не хуже, чем на 70 дБ.

В блоке ЦСП происходит преобразование аналоговых сигналов в цифровой вид для собственно преобразования данных о сигнале из временной области в спектральную. Состоит он из аналого-цифрового преобразователя (АЦП), непосредственно ЦСП и схем сопряжения с ПЭВМ. Далее данные уже в виде информации о спектре сигналов поступают в ПЭВМ для окончательной обработки, сохранения и отображения.

Контроллер управления выполняет функции управления блоком АЦО1 и является к тому же передаточным звеном управляющей информации между ПЭВМ и блоком ЦТ1.

Установленное на управляющей ПЭВМ программное обеспечение верхнего уровня представлено драйвером устройства и пользовательской оболочкой, обеспечивающей пользовательский интерфейс, включающий элементы управления и отображения данных. Драйвер для работы с приемником использует фиксированную широкую систему команд.

Требования к ПЭВМ относительно невелики, т. к. большая часть ресурсоемких вычислений по обработке сигналов осуществляется в блоке ЦСП приемника. ПЭВМ должна иметь процессор не хуже Pentium 533, ОЗУ объемом не менее 64 Мб, свободные USB и LPT1 порты. Программное обеспечение работает под управлением ОС Windows -98, -NT, -2000.

В зависимости от целей использования приемника в комплект поставки могут входить различные комплекты программного обеспечения. В качестве базовой программы используется программа СМО-Д1ТР.

## УПРАВЛЯЮЩЕЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИЕМНИКА ПАНОРАМНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО АРК-Д1ТР

В зависимости от целей использования приемника в комплект поставки могут входить различные комплекты программного обеспечения. В качестве базовой используется программа СМО-Д1ТР.

Данная программа предназначена для управления приемником, калибровки приемника и отображения в реальном времени результатов быстрого спектрального анализа радиосигналов с управляемым разрешением от 3,125 кГц до 390,625 Гц. Графический интерфейс программы показан на рисунке 5.

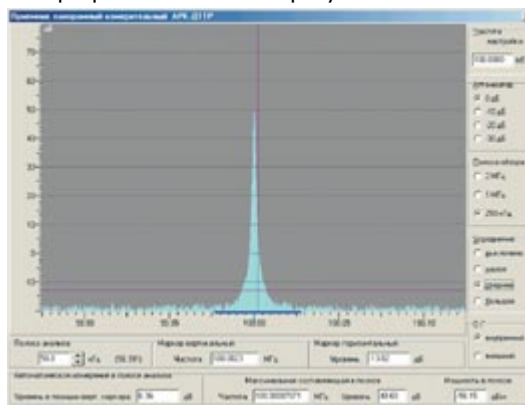


Рис. 5. Графический интерфейс программы СМО-Д1ТР-М

Центральную часть интерфейса занимает графическая панель, на которой отображаются спектры принимаемых приемником сигналов. По горизонтальной оси панели откладываются значения частот в мегагерцах, а по вертикальной оси – уровень в децибелах относительно величины 1 мкВ.

В правой части графического интерфейса расположена панель, на которой отображаются установки приемника – частота настройки приемника, положение входного аттенюатора (0,10, 20 или 30 дБ), источник опорного сигнала (внутренний или внешний), а также параметры измерения – полоса обзора (0,25, 1,0 или 2 МГц) и усреднение спектра.

В нижней части графического интерфейса расположены следующие параметры измерения – ширина зоны измерения, позиция вертикального маркера по частоте, позиция горизонтального маркера по уровню и режим наблюдения спектра. Здесь также отображаются результаты измерений спектров сигналов: величина спектральной составляющей в позиции (на частоте) вертикального маркера, частота и уровень максимальной составляющей в заданной зоне измерения, разность по частоте и уровню между результатами измерений максимальной составляющей в заданной зоне и в позиции вертикального маркера.

Измерение сигналов осуществляется в двух режимах: «Непрерывный» и «Однократный». В режиме «Непрерывный» протекает непрерывный процесс получения спектральных выборок с временной дискретностью определяемой быстродействием ПЭВМ и ЦСП. В режиме «Однократный» производится получение однократной спектральной выборки по команде оператора или внешнему синхронизирующему событию.

Окно «Ширина зоны» указывает участок спектра в области вертикального маркера, в которой производится измерения. Автоматически измеренное значение частоты и уровня максимальной составляющей спектра сигнала в зоне измерения отображается на панели «Измерение В» соответственно в окнах "Частота" и "Уровень", а также метками на вертикальной и горизонтальной оси графического интерфейса. В окне «Измерение А» отображаются

частота и уровень спектральной составляющей. Уровни измеряемых сигналов измеряются в децибелах относительно 1 мкВ.

При измерении параметров сигнала в режиме «Однократный» по команде «Пуск» происходит запоминание сигналов на графическом интерфейсе программы. В окне «Разность А-В» отображаются результаты вычислений разности значений частот и уровней между запомненным значением максимальной составляющей измеренной в зоне и текущим значением в положении вертикального маркера.

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИЕМНИКА В СОСТАВЕ КОМПЛЕКСОВ СО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫМИ ФУНКЦИЯМИ

Отдельного внимания заслуживает вторая из указанных областей применения - в составе комплексов радиомониторинга, радиоизмерений и выявления технических каналов утечки информации. Комплексы представляют собой совокупность средств измерений, объединенных со вспомогательными устройствами по функциональному признаку осуществления идентификации принимаемых сигналов и измерения их параметров. Далее в тексте будут использоваться названия устройств, применяемых для создания комплексов гибкой структуры на базе приемников собственного производства.

Комплекс радиомониторинга на базе приемника панорамного измерительного АРК-Д1ТР включает помимо уже перечисленных узлов приемника специализированный блок питания и блок антенных коммутаторов. К антенным входам коммутатора может быть подключен комплект антенн – широкополосная антенна АРК-А2М, опорная наружная антенна АРК-А5 с усилителем АРК-АУ1 и специализированная автомобильная антенна АРК-А7И. Кроме того, к КВ-входам антенного коммутатора могут быть подключены активный и пассивный сетевые пробники АРК-АСП2 и АРК-ПСП2, а к специальному разъему шины управления «ДЗ» и выделенному антенному входу «АНТ. 4» подключается также выносной модуль АРК-ВМ-К2 с комплектом удаленных антенн АРК-А2А1, АРК-А11А1 и АРК-А11К.

Наличие вспомогательных устройств в данном случае кардинально расширяет возможности аппаратуры. В частности, становится возможной организация распределенной антенной системы, а также системы дистанционного радиомониторинга удаленных помещений. Последнее достигается с помощью подключения выносных модулей, которые устанавливаются в удаленных помещениях и создают своеобразный «эффект присутствия» всей аппаратуры в каждом из контролируемых помещений.

Антенный коммутатор УКВ-АК осуществляет подключение одного из своих входов к антенному входу цифрового тюнера. В свою очередь, к антенному входу может быть подключена УКВ-антенна, конвертер АРК-КНВ0 (9 кГц – 20 МГц) или блок контроля проводных сетей АРК-КПС, осуществляющий перенос сигналов из проводных сетей в УКВ-диапазон (105...135 МГц). На один из входов коммутатора УКВ-АК может быть также подан радиосигнал от выносного модуля с конвертером АРК-КНВ2 (2 – 6 ГГц) или АРК-КНВ4 (2...18 ГГц). Реализована также возможность подачи через коммутатор и ВЧ кабель по центральной жиле напряжения питания в антенные усилители.

Антенный коммутатор КВ-АК служит для подключения сетевых пробников или КВ антенн. Коммутатор имеет встроенный управляемый аттенюатор с ослаблением 20 дБ.

При использовании удаленных антенн или расширении частотного диапазона до 6ГГц применяется выносной модуль АРК-ВМ-К2 (см рис. 6) с конвертером АРК-КНВ2 (2 – 6 ГГц).



Рис. 6. Выносной модуль АРК-ВМ-К2

На рисунке 7 представлена структурная схема выносного модуля. Блок конвертера АРК-КНВ2 выполняет функции преобразователя частоты сигнала, принимаемого в диапазоне 2 – 6 ГГц. ВЧ коммутатор коммутирует сигналы от одной из трех антенн, которые могут быть подключены к выносному модулю через антенный усилитель.

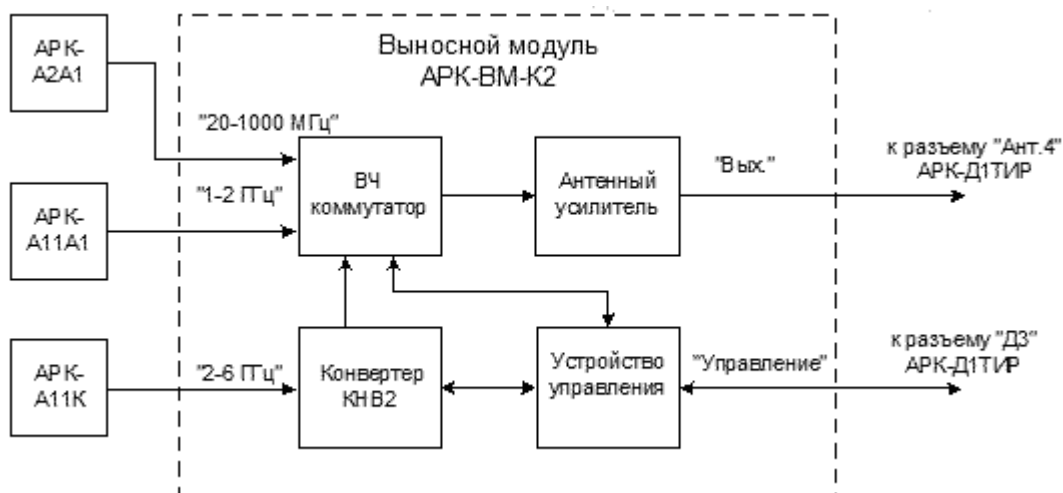


Рис. 7. Структурная схема выносного модуля ARK-VM-K2

## МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИЕМНИКОВ ПАНОРАМНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ АРК-Д1ТИР

К основным особенностям использования измерительных приемников в составе одноканальных комплексов можно отнести:

- многовариантность прохождения сигналов на вход приемника через коммутируемые промежуточные тракты, содержащие конверторы, аттенюаторы, коммутаторы, буферные усилители и т.д.;
- опциональность структур комплексов, приводящая к различию составов коммутируемых промежуточных трактов в различных реализациях комплексов;
- «открытость» структур комплексов, допускающая модификацию на этапе эксплуатации;
- использование в процессе эксплуатации различных классов измерительных антенн (внутренних, наружного применения, специализированных и т. д.);
- достаточно большой диапазон рабочих температур.

В связи с этим особую актуальность приобретают задачи снижения погрешности измерений в широком диапазоне рабочих температур, отличающихся опциональностью структур и многовариантностью прохождения сигналов в данной структуре.

К таким задачам можно отнести:

- совершенствование аппаратной части блоков и узлов радиоприемного тракта передачи сигналов;
- использование в блоках встроенных вычислительных управляющих подсистем, оптимизирующих режим работы блоков, в том числе – формирующих в автоматическом режиме необходимые корректирующие воздействия, для минимизации погрешностей аппаратуры при смене режимов работы и изменении температуры блоков;
- использование методического и информационного обеспечения процедур калибровки системы «в – целом» на разных этапах жизненного цикла измерительной системы: при регулировке, при штатных периодических калибровках систем, при профилактических работах и т.д.;
- разработку и использование технологических аппаратных и программных средств автоматизированной и автоматической калибровки систем.

Важнейшей особенностью аппаратно-программного комплекса приема и обработки сигналов современных мобильных систем автоматизированного радиоконтроля является многофункциональность, приводящая к необходимости автоматического соединения фиксированного набора аппаратных блоков в заданную структуру для решения заданной задачи. Метрологический уровень комплексов радиоконтроля определяется всеми составляющими этих систем, в том числе методами и алгоритмами математического обеспечения измерений, классом технического обеспечения используемых вычислительных средств, чувствительностью, погрешностью и восприимчивостью к помехам аппаратно-программного комплекса приема и обработки сигналов. Однако к основным источникам погрешности в составе комплексов следует отнести тракт передачи радиосигналов к устройству аналого-цифровой обработки сигналов (при измерении уровней и частот радиосигналов) и антенны (при измерении уровней радиосигналов).

На рисунке 8 приведена обобщенная схема прохождения сигналов в измерительных комплексах.

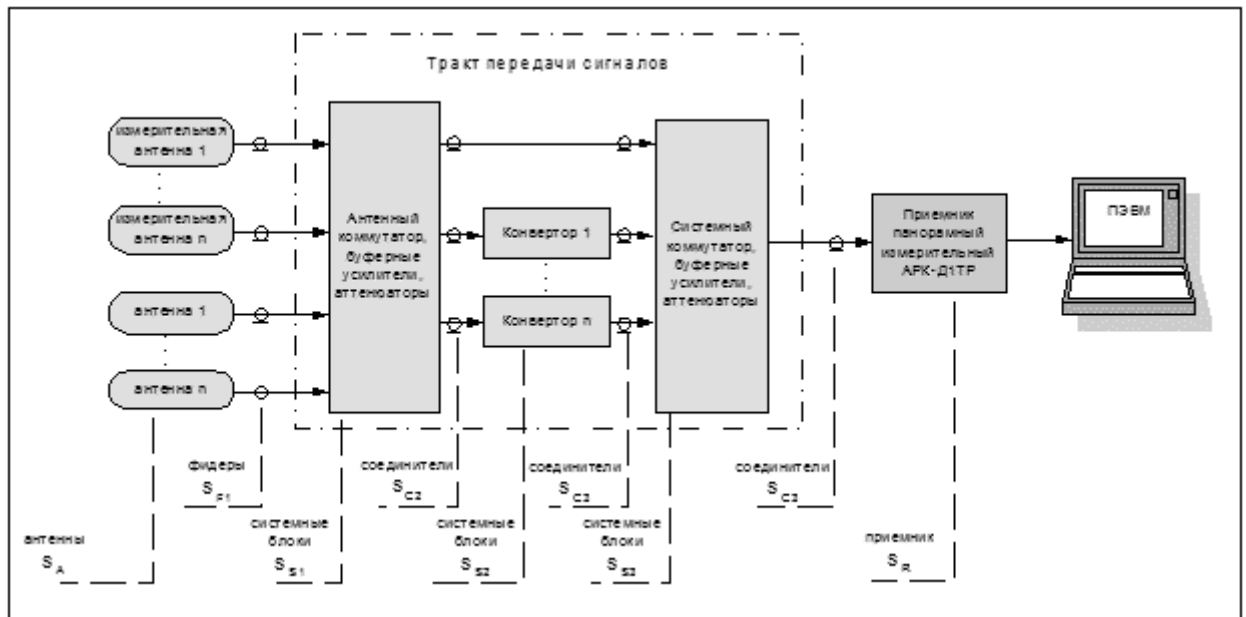


Рис. 8. Обобщенная схема прохождения сигналов в измерительных комплексах

Здесь условно отображены основные «сечения» обобщенной структуры, вносящие дополнительную погрешность в амплитудно–частотную передаточную характеристику тракта передачи сигналов.

Сечение антенн и фидеров характеризует возможные типы антенн (фидеров). Для проведения измерений могут использоваться только измерительные антенны с известным калибровочным файлом для заданного частотного участка. Комплекс измерительных антенн перекрывает отдельные основные участки рабочего диапазона, но весь диапазон, тем не менее, перекрыть практически невозможно.

Системные блоки – антенный коммутатор, аттенюаторы, усилители предназначены для работе во всем диапазоне частот. Конверторы – преобразователи частот, расширяющие рабочий частотный диапазон радиоприемного устройства.

Соединители – кабели и разъемы имеют некомпенсированные неоднородности, приводящие к росту (зависимости от частоты) КСВН на внутренних линиях передачи сигналов от блока к блоку. Качество соединителей ухудшается со временем из-за износа (ухудшения качества поверхностей, плотности соединений и т.п.) разъемов.

Отличие реальной структуры измерительного комплекса от оптимальной (минимальной, состоящей из измерительной антенны, измерительного приемника и устройства отображения) приводит к необходимости учитывать и компенсировать при проведении специальных процедур калибровки дополнительную погрешность. Указанная погрешность измерений связана с зависимостью модулей коэффициентов передачи цепей пассивных (коммутационных и фидерных) и активных трактов (конверторов, аттенюаторов, буферных усилителей и т.д.) от частоты, температуры, атмосферного давления.

В аппаратно – программном панорамном измерительном приемнике АРК-Д1ТР реализована возможность формирования и использования при эксплуатации файлов калибровки системы “в - целом”. Особенностью калибровки является использование трехмерных калибровочных файлов, ставящих в соответствие данной частоте настройки системы и текущей температуре поправочный коэффициент.

Калибровка комплекса осуществляется с помощью источников образцовых сигналов, аттенюаторов и соединителей, погрешность которых в 3 – 5 раз меньше допустимой основной погрешности комплекса. Калибровка производится в нескольких реперных точках частотного диапазона путем изменения значения передаточной функции до получения номинального показания. Расчет поправок между двумя реперными точками производится по методу линейной интерполяции, что существенно упрощает алгоритм коррекции. Увеличивая количество реперных точек можно уменьшить систематическую погрешность до уровня, определяемого погрешностью процесса калибровки. Калибровка позволяет осуществить проверку исправности аппаратно – программного комплекса и уменьшить его систематическую погрешность.

Интерполяция позволяет с заданной погрешностью найти поправочные значения, соответствующие точкам между двумя реперными точками. Следует отметить, что задача интерполяции корректно решается при допущении, что закон изменения исследуемой функции в промежуточных значениях аргумента имеет тот же характер, что и в дискретных (измеренных) его значениях.

Точность интерполяции зависит от интервала  $(t_2 - t_1)$  изменения аргумента и приращения  $F(t_2) - F(t_1)$  функции, оцениваемой табличными разностями; чем меньше эти разности, тем проще интерполяционные формулы и точнее результат.

При линейной интерполяции отсчет  $F(t_{12})$  в произвольной точке  $t_{12}$  между точками  $t_1$  и  $t_2$  определяется по формуле [4]

$$F(t_{12}) = F(t_1) + (t_{12} - t_1)(t_2 - t_1)^{-1} [F(t_2) - F(t_1)]$$

В приемнике АРК-Д1ТР калибровка по методу линейной интерполяции между реперными точками производится:

- на этапе регулировки аппаратно – программной части приемника АРК-Д1ТР (настройки блока преселекторов);
- при составлении калибровочного файла для заданной структуры - трехмерного массива корректирующих значений для реперных точек по частоте и температуре;
- при учете калибровочных файлов измерительных антенн.

Блок преселекции предназначен для ослабления прохождения сигналов на побочных каналах и снижения динамического диапазона сигнала на входе первого смесителя тюнера. Блок содержит десять диапазонных коммутируемых фильтров для интервалов рабочих частот: 20-35, 35-60, 60-100, 100-170, 170-240, 240-333, 333-465, 465-700, 700-1012, 1012-2020 МГц, переключаемых аналоговыми коммутаторами. В пределах диапазона каждый фильтр перестраивается, причем средняя частота полосы пропускания фильтра соответствует частоте приема. В диапазоне частот 20-1012 МГц применены полосно-пропускающие фильтры, а в диапазоне 1012-2020 МГц - фильтр верхних частот с регулируемой (соответственно частоте приема) частотой среза.

Управление коммутаторами и фильтрами обеспечивается специальным контроллером преселектора после процедуры индивидуального программирования постоянной запоминающей памяти процессора значениями управляющих напряжений, обеспечивающих точную настройку фильтров в 16 точках каждого частотного диапазона. В рабочем режиме, напряжения, подаваемые на варикапы фильтров с выходов блока ЦАП, определяются методом линейной интерполяции величин взятых из массива управляющих напряжений. Индексы, по которым производится выборка управляющих значений, рассчитываются по частоте настройки приемника. Аналогичный подход подготовки и использования массивов управляющих напряжений применен для поддержания неравномерности коэффициента передачи блока преселекции. Графический интерфейс окна программы калибровки преселектора приемника приведен на рисунке 9.

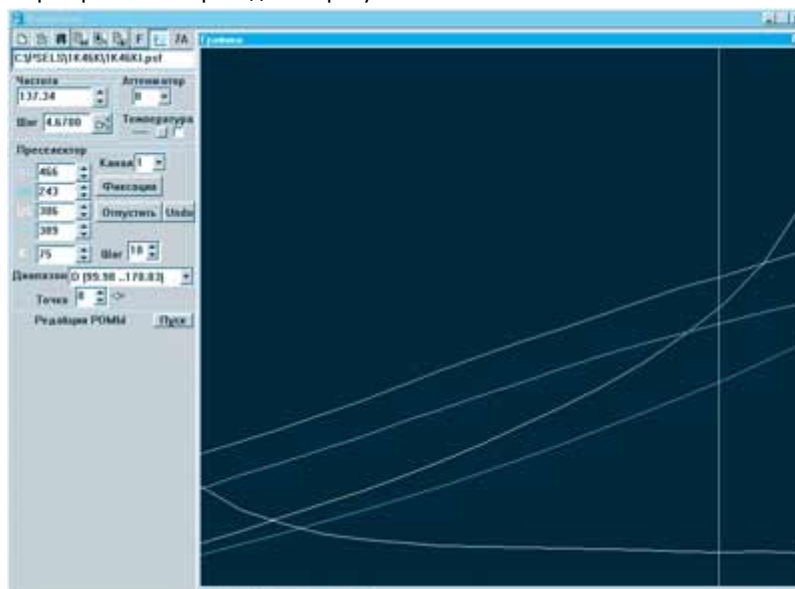


Рис. 9. Окно программы калибровки преселектора приемника АРК-Д1ТР

Калибровка заданной структуры комплекса реализуется по схемам, приведенным на рисунке 10:

- без учета приемной антенны – в схеме с эталонным генератором сигналов, при этом фактически калибруется аппаратно – программный комплекс; предел точности определяется зависимостью КСВН по входу от частоты;
- с учетом приемной антенны – в схеме с излучением и приемом сигналов эталонного генератора с использованием вспомогательной измерительной антенны; предел точности определяется условиями калибровки, в – частности, - условиями распространения радиоволн.



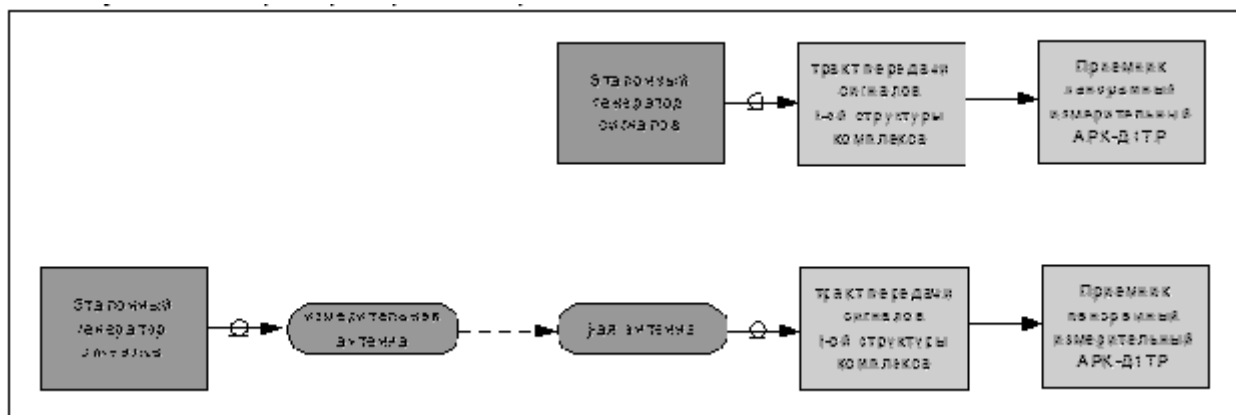


Рис.10 Схемы калибровки заданных структур комплексов

Графический интерфейс окна калибровки приведен на рисунке 11.

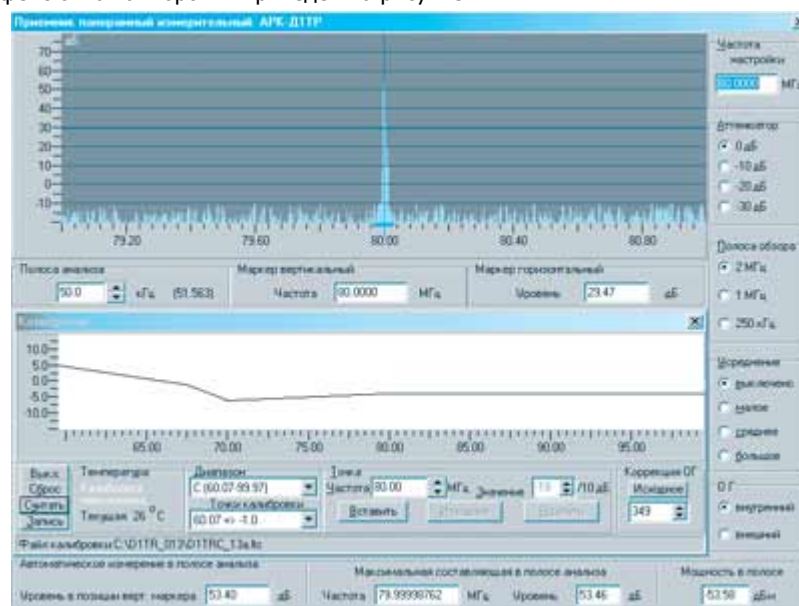


Рис. 11. Графический интерфейс окна калибровки программы СМО-Д1ТР-К

Для выбора точки калибровки по частоте необходимо с помощью стрелки окна "Диапазон" и из выпадающего списка окна выбрать необходимый частотный диапазон. Затем с помощью стрелок окна "Частота" установить требуемое значение частоты, после чего нажать на кнопку "Вставить".

Требуемое поправочное значение уровня входного сигнала на выбранной частоте устанавливается с помощью стрелок окна "Значение":

- Для восстановления исходного значения уровня входного сигнала необходимо нажать на кнопку "Исходное", а для удаления точки калибровки нажать на кнопку "Удалить".
- Для быстрого перехода в пределах выбранного диапазона частот по вставленным точкам калибровки для изменения поправочного значения уровня входного сигнала необходимо нажать на стрелку окна "Точка калибровки" и из выпадающего списка точек выбрать требуемую.
- Для записи значений проведенной калибровки в постоянную память соответствующих массивов управления необходимо нажать на кнопку "Запись".
- Для восстановления исходных значений калибровки необходимо нажать на кнопку "Сброс".
- Для чтения записанных в постоянную память значений калибровки необходимо нажать на кнопку "Считать".
- Для выхода из программы калибровки необходимо мышью щелкнуть по системной кнопке закрытия окна программы калибровки.

Калибровка проводится в определенных интервалах температуры внутри приемника:

- от -30°C до -25°C;
- от 0°C до +5°C;
- от +30°C до +35°C;
- от +60°C до +65°C.

При других температурах калибровка не производится. Между температурными точками калибровки коэффициент калибровки рассчитывается по методу линейной интерполяции. На панели «Температура» отображаются данные о текущей температуре внутри приемника и температура, на которой осуществляется коррекция уровня для записи в массив данных.

Точки калибровки по частоте выбирается из выпадающего списка окна "Диапазон" и из выпадающего списка в окне «Точка калибровки». В случае необходимости можно добавить к списку в каждом диапазоне новые точки калибровки. Для этого в окне "Частота" вводится требуемое значение частоты. Общее число точек калибровки не ограничено. Требуемое поправочное значение уровня входного сигнала на выбранной частоте устанавливается с помощью стрелок окна "Значение".

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты сертификационных испытаний приемника показали достаточный запас по основным параметрам. В настоящее время завершается разработка следующей модификации нового поколения измерительного оборудования (приемник панорамный АРГАМАК), отличающейся:

- расширением частотного диапазона в область нижних частот до 9 кГц, а верхних частот - до 3 ГГц;
- включением в состав приемника цифрового демодулятора сигналов;
- большей технологичностью и массовостью выпуска;
- возможностью работы в одноканальных и двухканальных комплексах автоматизированного радиомониторинга и выявления технических каналов утечки информации с когерентно связанными гетеродинами.

Появление отечественных сертифицированных Госстандартом измерительных радиоприемных средств нового поколения открывает следующую страницу в развитии производства специализированной радиоэлектронной аппаратуры в России. Очевидно, что это научно-техническое направление делает лишь первые шаги на пути производства подобных изделий и создания для заказчика возможности выбора. В следующей статье цикла мы рассмотрим основные принципы функционирования и особенности управляющего программного обеспечения аппаратуры АРК-Д1ТР и комплексов на ее базе, реализующих измерительную функцию.

---

## ЛИТЕРАТУРА.

1. **Сертификат № 13618 Госстандарта России от 03.12.2002г. о внесении приемника панорамного измерительного АРК-Д1ТР в реестр средств измерения РФ под № 23924-02.**
  2. **Лицензия Госстандарта РФ на право производства средств измерения № 000403-ИР.**
  3. **Ашихмин А.А., Сергеев В.Б., Сергиенко А.Р. Радиоприемные тракты комплексов автоматизированного радиоконтроля: особенности, решения и перспективы // Специальная техника. - 2002. - Специальный выпуск. – С. 57 – 64.**
  4. **Верник С.М., Кушнир Ф.В., Рудницкий В.Б. Повышение точности измерений в технике связи. М.: Радио и связь, 1981. – 200 С.**
-