

УДК 629.78

## Анализ принципов построения комплексов приема, обработки и ретрансляции информации международной системы КОСПАС–САРСАТ и перспективы их развития

А. А. Романов<sup>1</sup>, А. С. Кондрашов<sup>2</sup>, Д. А. Белов, С. А. Букин

<sup>1</sup>д. т. н., профессор, <sup>2</sup>к. т. н.

АО «Российские космические системы»

e-mail: romanov\_alal@risde.ru, kondrashov\_as@risde.ru

**Аннотация.** В настоящей работе представлено краткое описание принципов функционирования различных бортовых комплексов системы поиска и спасения, размещаемых на низкоорбитальных, среднеорбитальных, высокоэллиптических и геостационарных космических аппаратах.

Проведен анализ базовых технических характеристик существующих бортовых комплексов различных сегментов, в результате которого показано, что с учетом особенностей функционирования аппаратуры можно сформировать обобщенные требования к бортовой аппаратуре, удовлетворяющие требованиям международной системы поиска и спасения КОСПАС–САРСАТ.

Представлена перспективная схема реализации унифицированного комплекса, который за счет минимальной реконфигурации может использоваться на космических аппаратах всех сегментов международной системы поиска и спасения КОСПАС–САРСАТ.

**Ключевые слова:** КОСПАС–САРСАТ, среднеорбитальная система поиска и спасения, геостационарная система поиска и спасения, унифицированный бортовой комплекс (on-board unified SAR complex)

## Analysis of the Concepts for Design of Complexes for Receiving, Processing and Retransmitting of Information from the International COSPAS–SARSAT System and the Prospects for Their Development

A. A. Romanov<sup>1</sup>, A. S. Kondrashov<sup>2</sup>, D. A. Belov, S. A. Bukin

<sup>1</sup>doctor of engineering science, professor, <sup>2</sup>candidate of engineering science

Joint Stock Company “Russian Space Systems”

e-mail: romanov\_alal@risde.ru, kondrashov\_as@risde.ru

**Abstract.** This paper describes the operation principles of various complexes of onboard systems of the search and rescue spacecraft deployed in the low, medium, highly elliptical and geostationary orbits.

An analysis of the basic technical characteristics of the existing airborne complexes of various segments has been carried out. It has been shown that it is possible to form generalized requirements for on-board equipment that meet the requirements of the international search and rescue system COSPAS–SARSAT, taking into account the performance features of the equipment.

A possible future design of a unified complex is presented, which, with a minimal reconfiguration, can be used in the spacecraft of all the segments of the international search and rescue system COSPAS–SARSAT.

**Keywords:** COSPAS–SARSAT, medium-orbit search and rescue system, geostationary search and rescue system, on-board unified SAR complex

## Введение

Международная система поиска и спасания КОСПАС–САРСАТ успешно развивается с конца 80-х гг. XX века, когда было подписано базовое Соглашение сторон (СССР, США, Франции и Канады), регламентирующее взаимные обязательства [1]. Система, в соответствии с [1], включала в себя космический сегмент, состоящий минимум из 4 низкоорбитальных космических аппаратов, которые должны принимать и обрабатывать сигнал от аварийных радиобуев и передавать его на наземные станции.

Впоследствии система поиска и спасания была модернизирована. Так, сначала в ее состав были включены космические аппараты на геостационарной орбите (1998 г.) как дополнение к низкоорбитальному сегменту, ретранслирующие послышки от радиобуев на наземные станции без обработки сигнала на борту. В 2000 г. были начаты консультации и принято решение о начале разработки принципиально новой (среднеорбитальной) системы поиска и спасания, которая в перспективе должна заменить низкоорбитальную. В конце 2016 г. было принято решение о начале фазы ранней эксплуатационной готовности среднеорбитальной системы поиска и спасания, предвещающей ее окончательный ввод в эксплуатацию, который в соответствии с текущими планами развития намечен на 2020 г.

Среднеорбитальная система поиска и спасания в теории сочетает преимущества низкоорбитальной системы (возможность независимого определения координат радиобуя — геостационарная система лишена этой возможности), одновременно устраняя ее недостатки: сервис ретрансляции аварийного сигнала становится доступным потребителю практически в реальном времени, поскольку отпадает необходимость в ожидании сеанса связи с космическим аппаратом.

Последовательные модификации и расширение количества сегментов системы поиска и спасания КОСПАС–САРСАТ, по сути, привели к фактическому созданию нескольких различных типов бортовой аппаратуры, которая, за исключением низкоорбитального сегмента, выполняет одинаковую задачу — ретрансляцию сигнала от аварийного буя,

находящегося в зоне видимости космического аппарата, на наземную станцию.

В настоящее время функция передачи сигналов системы поиска и спасания реализуется на низкоорбитальных космических аппаратах типа «Метеор-М» (аппаратура РК-СМ-МКА), геостационарных космических аппаратах типа «Электро-Л» (канал 8 БРТК) и типа «Луч» (канал КОСПАС–САРСАТ РССПД), перспективных высокоэллиптических космических аппаратах типа «Арктика-М» (канал КОСПАС–САРСАТ БРТК) (комплекс находится на стадии наземной отработки), а также среднеорбитальных космических аппаратах ГЛОНАСС-К различных поколений (БРКС, БРКС-К2 и перспективная БРКС-К2-М).

В рамках настоящей работы анализируются технические характеристики аппаратуры системы поиска и спасания и предлагается перспективный путь развития указанных комплексов — унификация бортовой аппаратуры для всех сегментов системы КОСПАС–САРСАТ, учитывая необходимость дополнительной обработки сигналов на борту низкоорбитальных космических аппаратов.

## Описание и принцип функционирования бортовой аппаратуры систем КОСПАС–САРСАТ различных космических сегментов

Ниже представлено краткое описание используемых в текущей конфигурации системы космических комплексов.

### Комплекс РК-СМ-МКА

Комплекс РК-СМ-МКА предназначен для размещения на низкоорбитальных космических аппаратах и в соответствии с последними решениями ГК «Роскосмос» будет установлен на борту КА «Метеор-М» № 2-1 и № 2-2.

Аналогично комплексам РК-СМ [2–4] более современное изделие РК-СМ-МКА предназначено

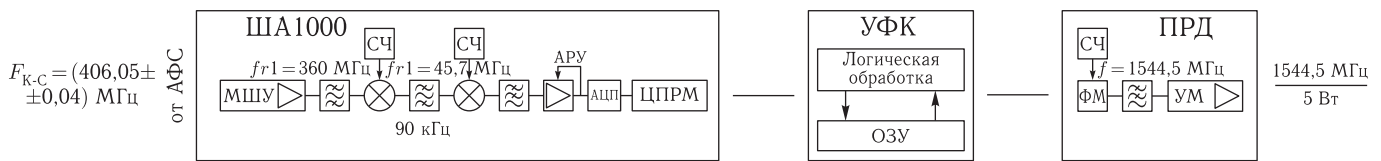


Рис. 1. Функциональная схема комплекса РК-СМ-МКА:

СЧ — синтезатор частоты;  
АФС — антенно-фидерная система;  
МШУ — малошумящий усилитель;  
АРУ — автоматическая регулировка усиления;  
ЦПРМ — цифровой приемник;  
АЦП — аналого-цифровой преобразователь;

УФК — устройство формирования и записи кадра;  
ОЗУ — оперативное запоминающее устройство;  
ФМ — фазовый модулятор;  
УМ — усилитель мощности;  
ПРД — передатчик

для приема сигналов аварийных радиобуев системы КОСПАС–САРСАТ на частоте 406 МГц, измерения доплеровского смещения частоты послышки с одновременной регистрацией времени начала приема сообщения, выделения информационной части сообщения, а также формирования информационного кадра с последующей передачей на наземную станцию.

Основные принципы функционирования комплекса представлены на рис. 1 [2].

От антенно-фидерной системы (АФС) сигнал радиобуя системы КОСПАС–САРСАТ в диапазоне частот 406,01–406,09 МГц попадает в линейную часть приемника, где происходит двойное понижение частоты (ПЧ1 — 46,05 МГц и ПЧ2 — 35 кГц, где ПЧ — промежуточная частота). На первой промежуточной частоте (ПЧ1) осуществляется формирование рабочей полосы сигнала 90 кГц. На выходе линейной части приемника сигнал на второй промежуточной частоте (ПЧ2) преобразуется в цифровую форму и поступает в цифровую часть приемника.

В цифровой части приемника реализованы алгоритмы определения сигналов аварийных радиобуев, выделения информации, а также измерение доплеровского смещения частоты и времени послышки. Полученная информация поступает в устройство формирования и записи кадра (УФК), где формируется информационный пакет для выдачи данных в передатчик комплекса (ПРД). В ПРД осуществляется фазовая модуляция на частоту несущей 1544,5 МГц и усиление до значения  $5 \pm 1$  Вт. В УФК также осуществляется запись в оперативную память до 2000 послылок радиобуев.

## Канал КОСПАС–САРСАТ из состава БРТК КА «Электро-Л»

На рис. 2 представлена упрощенная функциональная схема канала 8, выполняющего функцию ретрансляции сигналов системы КОСПАС–САРСАТ [5].

В БРТК КА «Электро-Л» [5, 6] канал К8 (КОСПАС–САРСАТ) объединен с каналами К6 и К7 по входу. Для всех трех каналов (К6, К7, К8) МШУ является общим. Каналы К7 и К8 имеют общий конвертер КВР-0,4, осуществляющий первое преобразование частоты. МШУ имеет широкую полосу приема, поскольку обеспечивает прием сигналов на частотах 402 МГц (канал К7), 406,05 МГц (канал К8) и 465 МГц (канал К6). Конструктивно МШУ выполнен в виде отдельного прибора с внешним питанием (+15 В), но без выноса МШУ к АФУ. В КВР-0,4 осуществляется предварительная частотная селекция и первое преобразование частоты «вниз». Так, сигнал канала К8 переносится на частоту 26,05 МГц и без узкополосной фильтрации поступает на прибор ФОС8. В приборе ФОС8 осуществляется выбор частотной селекции по внешним командам:

- $F_{\text{ном}} = 26,05$  МГц,  $2\Delta F = 120$  кГц;
- $F_{\text{ном}} = 26,025$  МГц,  $2\Delta F = 30$  кГц.

Сформированный таким образом спектр сигнала смещается в область низких частот (на центральную частоту 50 или 25 кГц) и в качестве

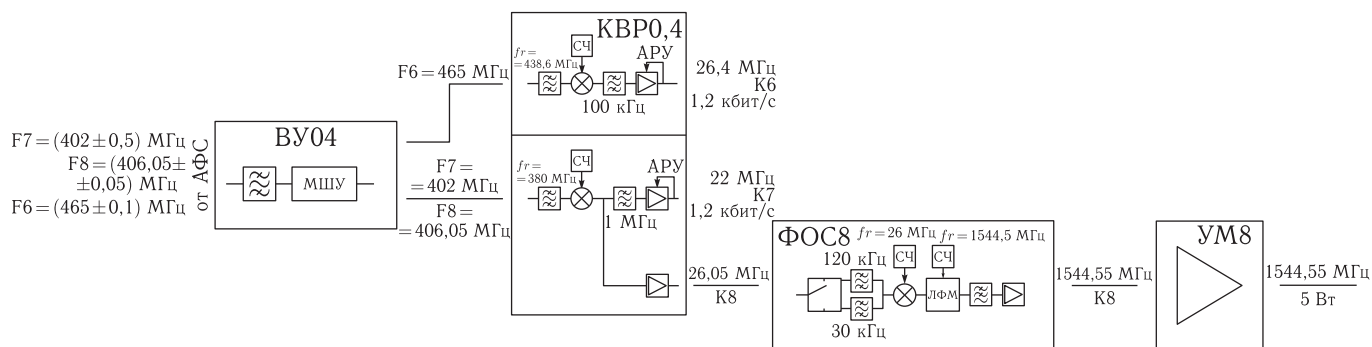


Рис. 2. Укрупненная функциональная схема канала КОСПАС–САРСАТ БРТК «Электро-Л»:

ВУ04 — входное устройство диапазона 0,4 ГГц;  
 КВР0,4 — понижающий конвертер из диапазона 0,4 ГГц в диапазон 20 МГц, ФОС8 — формирователь ответного сигнала канала 8;  
 УМ8 — усилитель мощности 8 канала;  
 ЛФМ — линейный фазовый модулятор;  
 $F6 = (465 \pm 0,1) \text{ МГц}$  — входная частота канала К6;  
 $F7 = (402 \pm 0,5) \text{ МГц}$  — входная частота канала К7;

$F8 = 406,05 \pm 0,05 \text{ МГц}$  — входная частота канала К8;  
 К6 — канал ретрансляции данных с платформ сбора данных (ПСД), полученных через низкоорбитальные спутники;  
 К7 — канал 7 — канал прямой ретрансляции системы сбора и передачи данных (ССПД);  
 К8 — канал КОСПАС–САРСАТ

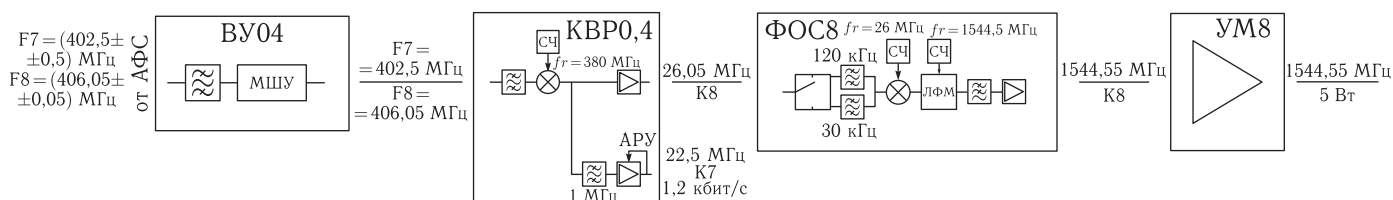


Рис. 3. Укрупненная функциональная схема канала КОСПАС–САРСАТ БРТК «Арктика-М»

модулирующего сигнала поступает на ЛФМ с несущей частотой 1544,5 МГц. С учетом индекса модуляции доля полезного сигнала в спектре не превышает 20 %. Сформированный сигнал поступает на УМ, где усиливается до 5 Вт и выдается на АФУ.

## Канал КОСПАС–САРСАТ из состава перспективного БРТК КА «Арктика-М»

Аппаратура в части канала ретрансляции информации поиска и спасания (БРТК-ВЭ) КА «Арктика-М» является логической модернизацией БРТК КА «Электро-Л» и предназначена для размещения на высокоэллиптическом КА. На рис. 3 представлена укрупненная структурная

схема БРТК «Арктика-М» в части канала ретрансляции КОСПАС–САРСАТ.

Основным отличием аппаратуры БРТК-ВЭ от ретранслятора БРТК, размещенного на КА типа «Электро-Л», является отсутствие канала К6. Кроме того, центральная частота приема, передачи и промежуточная частота канала К7 (ССПД) смещены на 500 кГц «вверх». Однако эти отличия не повлияли на функциональную схему работы канала КОСПАС–САРСАТ БРТК-ВЭ, повторяющую схему К8 БРТК КА «Электро-Л». Так, сохранены все приборы, входящие в тракт канала, и в целях унификации оставлен неизменным широкополосный МШУ, несмотря на избыточность полосы пропускания. Таким образом, принцип работы канала К8, приведенный в предыдущем разделе, также аналогичен и для канала КОСПАС–САРСАТ БРТК «Арктика-М».

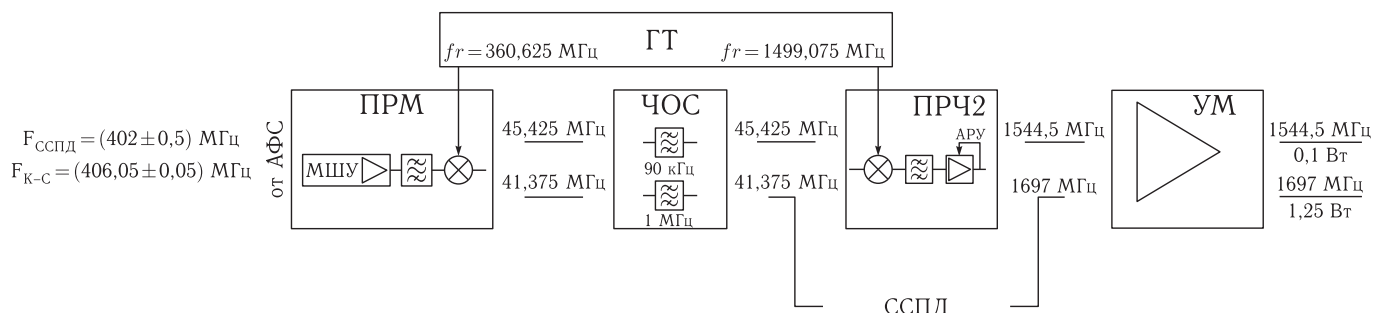


Рис. 4. Увеличенная функциональная схема канала КОСПАС-САРСАТ из состава РССПД КА «Луч-5А»:  
 ГТ — блок гетеродинов;  
 ЧОС — частотно-селективный ограничитель;  
 ПРМ — приемное устройство;  
 ПРЧ2 — преобразователь частоты

## Канал КОСПАС-САРСАТ из состава КА серии МКСП «Луч-5»

Аппаратура ретрансляции сигналов международной системы поиска и спасения КОСПАС-САРСАТ размещена не только на борту метеорологических геостационарных аппаратов типа «Электро-Л». В настоящее время на геостационарной орбите успешно функционируют КА «Луч-5А», «Луч-5Б» и «Луч-5В», которые входят в МКСП «Луч». На борту КА «Луч-5А» и «Луч-5В» размещены каналы ретрансляции сигналов КОСПАС-САРСАТ [6].

На рис. 4 представлена увеличенная функциональная схема канала КОСПАС-САРСАТ из состава КА серии «Луч-5» из МКСП «Луч».

Согласно [6] ретранслятор системы сбора и передачи данных (РССПД) обеспечивает одновременную ретрансляцию сигналов двух систем: КОСПАС-САРСАТ — частота приема 406,05 МГц и ССПД — частота приема 402 МГц. Прием от АФС осуществляется прибором ПРМ. Прибор ПРМ является малошумящим входным усилителем, обеспечивающим минимальную эффективную шумовую температуру изделия, и понижающим преобразователем частоты, переносящим спектры сигналов из диапазона входных частот в диапазон промежуточных частот ПЧ ( $41,375 \pm 0,5$ ) МГц для канала ССПД и ( $45,425 \pm 0,04$ ) МГц для канала КОСПАС-САРСАТ. Сигналы на промежуточных частотах поступают на прибор ЧОС, обеспечивающий узкополосную частотную селекцию сигналов и их разделение. С ЧОС сигнал КОСПАС-САРСАТ на центральной частоте 45,425 с полосой

90 кГц поступает на прибор ПРЧ2, где переносится на центральную частоту 1544,5 МГц и поступает на УМ. УМ обеспечивает одновременное усиление и передачу двух сигналов: ССПД на частоте передачи 1697 МГц и КОСПАС-САРСАТ на частоте 1544,5 МГц. При этом выходной уровень сигнала КОСПАС-САРСАТ должен быть до 100 мВт.

Частоты гетеродинов, в отличие от рассмотренных ранее систем, формируются в отдельном приборе ГТ.

## Система БРКС-К1 из состава КА «ГЛОНАСС-К1»

Система БРКС-К1, установленная на борту КА ГЛОНАСС-К 11Л и 12Л [7, 8], имеет интегрированный МШУ, обеспечивающий прием сигналов с минимальным коэффициентом стоячей волны (КСВ) и коэффициентом шума ( $K_{ш}$ ) на частоте 406,05 МГц (рис. 5). Система ретрансляции является автономной и не имеет связей с сигналами трансляции других систем. Ретранслятор [8] построен на схеме с двойным преобразованием частоты. Промежуточная частота составляет 44,9 МГц. На промежуточной частоте осуществляется частотная селекция посредством выбора фильтра:

- $F_{ном} - 44,9$  МГц,  $2\Delta F - 120$  кГц;
- $F_{ном} - 44,893$  МГц,  $2\Delta F - 90$  кГц.

Сформированный сигнал переносится на частоту 1544,9 МГц и поступает на усилитель мощности.



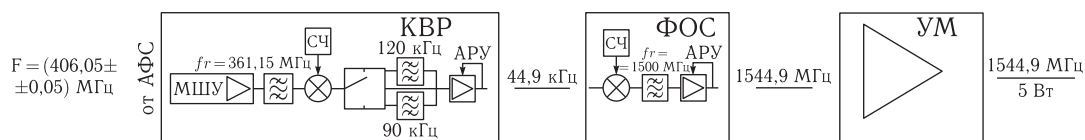


Рис. 5. Укрупненная функциональная схема БРКС КА «ГЛОНАСС-К1»: КВР — конвертер, ФОС — формирователь ответного сигнала

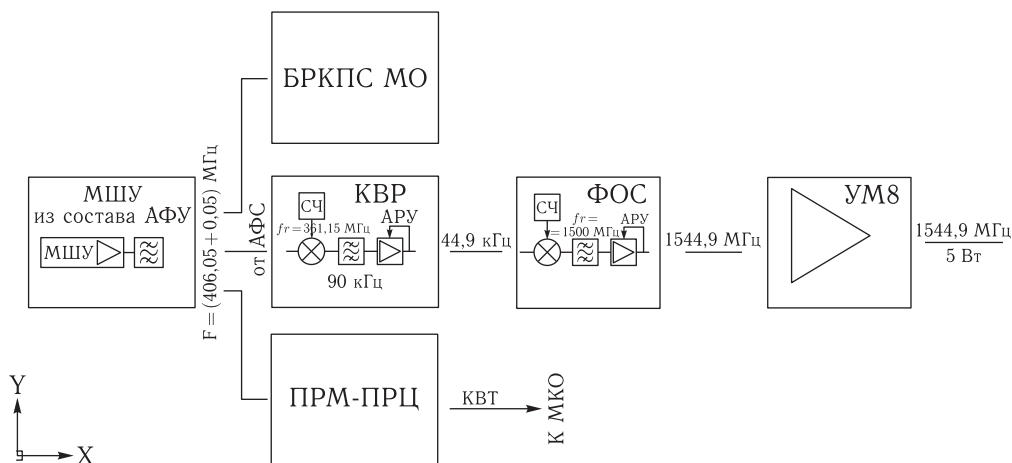


Рис. 6. Укрупненная функциональная схема перспективного БРКС-К2 КА «ГЛОНАСС-К2»

## Система БРКС-К2 из состава КА «ГЛОНАСС-К2»

Система БРКС-К2, предназначенная для установки на борт планируемых КА «ГЛОНАСС-К2» 13Л и 14Л, в настоящий момент находится на стадии наземных испытаний. Таким образом, до завершения наземной отработки ее следует рассматривать только в качестве перспективной.

Одним из отличий БРКС-К2 от БРКС-К1 является вынесенный МШУ, входящий в состав АФУ КА. Кроме того, в аппаратуре БРКС-К2 отсутствуют переключаемые фильтры на промежуточной частоте. Селекция сигнала осуществляется одним фильтром с параметрами  $F_{\text{ном}} = 44,9 \text{ МГц}$ ,  $2\Delta F = 90 \text{ кГц}$ . В остальном схема ретрансляции информации аналогична решению, примененному в системе БРКС-К1.

Существенным отличием систем друг от друга является наличие обратного канала с обработкой на борту сигнала квитирования (КВТ) для передачи в составе навигационного сигнала ЛОС. С отдельного выхода МШУ шумоподобный сигнал КВТ

на центральной частоте 405,928 МГц поступает на прибор приемник-процессор (ПРМ-ПРЦ), который осуществляет обработку, выделение и запоминание целевой информации, после чего по мультиплексному каналу обмена (МКО) «посылка» поступает в бортовой комплекс управления (БКУ) для вставки в соответствующую строку навигационного кадра. Кроме того, сигнал с выхода МШУ поступает на еще одну смежную систему специального назначения со схожим функционалом и принципом работы.

На рис. 6 представлена укрупненная функциональная схема перспективной системы БРКС-К2 для КА «ГЛОНАСС-К2».

## Система БРКС-К2-М из состава КА «ГЛОНАСС-К2»

В настоящий момент находится в разработке на этапе эскизного проектирования модернизированная система БРКС-К2-М, главным отличием которой от системы БРКС-К2 является отказ от им-

портных комплектующих в пользу перспективных отечественных компонентов. Технические характеристики системы, принцип работы и функциональная схема модернизированной системы предполагаются без изменений по сравнению с системой БРКС-К2. Завершение ОКР планируется в 2020 г.

### **Анализ характеристик бортовой аппаратуры системы КОСПАС–САРСАТ различных космических сегментов (низкоорбитального, среднеорбитального и геостационарного)**

Как уже было сказано выше, в настоящее время все комплексы приема и ретрансляции сигналов системы поиска и спасания создаются по различным техническим заданиям, более того, изделия (поскольку размещаются на различных космических аппаратах) создаются по заказу различных головных предприятий. Поэтому требования, предъявляемые в технических заданиях на эту аппаратуру, как правило, тоже не совпадают.

В качестве примера можно привести требования к коммутации шины бортовой сети космических аппаратов, изготавливаемых на различных предприятиях промышленности. АО «НПО им. С. А. Лавочкина» (головное предприятие по созданию КА «Электро-Л» и «Арктика-М») придерживается принципа коммутации отрицательной шины, в то время как АО «ИСС им. академика М. Ф. Решетнева» (головное предприятие по созданию КА серии «ГЛОНАСС» и «Луч») коммутирует положительную.

В настоящей работе указанные выше вопросы рассматриваться не будут. Также не рассматриваются требования к комплексам на воздействия внешних воздействующих факторов, включая механическую вибрацию, температурный режим и воздействие факторов космического пространства. Очевидно, что эти характеристики определяются типом целевой орбиты и средствами выведения космического аппарата. При создании аппаратуры системы КОСПАС–САРСАТ применительно к указанным

типам воздействий необходимо учесть самые жесткие требования, предъявляемые в настоящее время, по каждому из их типов.

Задачей настоящей работы является проведение анализа технических требований к аппаратуре КОСПАС–САРСАТ, предназначенной для размещения на космических аппаратах различных сегментов международной системы, с целью определения возможности их гармонизации при разработке максимально унифицированного решения. Основные требования к космическим комплексам всех сегментов системы КОСПАС–САРСАТ определяются системными документами Программы [4, 5, 7].

Рассмотрим основные технические характеристики комплексов ретрансляции сигналов системы КОСПАС–САРСАТ. В табл. 1 сведены все основные требования к аппаратуре различных сегментов: частоты приема и передачи, чувствительность, тип модуляции выходного сигнала, а также символически (в виде типов орбиты) приведены условия эксплуатации.

Анализ таблицы показывает, что базовые требования к аппаратуре всех сегментов международной системы поиска и спасания близки: комплексы должны принимать сигнал от радиобуев в диапазоне 406,0–406,1 МГц, излучать сигнал в диапазоне 1544,0–1545,0 МГц, мощность излучения должна быть порядка 5 Вт.

Тем не менее, есть и отличия. Например, уровень выходных сигналов КА «Луч-5А» и «Луч-5В» существенно ниже 5 Вт и составляет максимум 0,1 Вт. Однако даже и в таком этом случае сигнал ретранслятора принимается земной станцией с необходимым для декодирования информации соотношением сигнал–шум, поскольку параметры антенны станций приема при проектировании выбирались со значительным запасом.

Кроме того, есть отличия в требованиях по чувствительности аппаратуры. Подобное различие может определяться высотами орбит, на которых предполагается использовать соответствующие ретрансляторы. Однако разницу, например, в типах модуляции ретранслируемого сигнала объяснить нелегко.

Необходимо отметить: отличаются и конструктивные решения, что наглядно продемонстрировано на примере реализации МШУ. В случае КА «Электро-Л» или «Арктика-М», а также БРКС-К2

Таблица 1. Основные технические характеристики ретрансляторов КОСПАС-САРСАТ для разных КА

	Канал 8 БРТК «Электро-Л»	Канал 8 БРТК «Арктика-М»	БРКС-К1 КА «ГЛОНАСС-К1»	БРКС-К2 КА «ГЛОНАСС-К2»	Канал КОСПАС-САРСАТ РССПД КА «Луч-5А»	РК-СМ-МКА КА «Метеор-М» № 2-1 и № 2-2
Частота передачи, МГц	1544,55	1544,55	1544,9	1544,9	1544,5	1544,5
Мощность излучения, Вт	> 4	> 4	3–5	3–5,5	0,01–0,1 <sup>1</sup>	4–6
Наличие прямой ретрансляции	Есть с модуляцией типа ЛФМ	Есть с модуляцией типа ЛФМ	Есть	Есть	Есть	Есть с модуляцией типа ЛФМ
Обработка на борту	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Опционально обработка сигнала квирования	Отсутствует	Выделение информа- ции, а также измере- ние доплеровского смещения частоты и времени приема посылки, формирова- ния информацион- ного кадра
Обратный канал	Нет	Нет	Нет	Да	Нет	Нет
Полоса приема, кГц	120/30	120/30	120/90	90	90	90
Промежуточная частота, МГц	26,05/26,025	26,05/26,025	44,9/44,893	44,9	45,425	46,05
$T_{ш}$ , К	160	160	190	150	140	Требования не предъявляются
Чувствительность по приему, дБВт	–173	–173	–160	–160	–155	–161
Автономность	Объединение по при- ему с каналом ССПД в диапазоне 402 МГц и МЛС в диапазоне 465 МГц	Объединение по при- ему с каналом ССПД в диапазоне 402 МГц	Автономная система	КВТ в составе сигна- ла Л1ОС, Объединен по приему (МШУ) со смежной системой спе- циального назначения	Объединение по при- ему (402 МГц) и пе- редаче (1697 МГц) с каналом ССПД	Автономная система
Конструктив МШУ	Выделенный при- бор с внешним пита- нием (+15 В)	Выделенный при- бор с внешним пита- нием (+15 В)	Интегрирован	Автономный прибор в составе АФУ	Интегрирован в объединенный ПРМ	Интегрирован
САС, лет	10	7	10	10	10	5
Условия эксплуа- тации (орбита)	ГСО	ВЭО типа «Молния»	Средневысокая круговая ( $h = 19,100$ км, $i = 64,8$ )	Средневысокая круговая ( $h = 19,100$ км, $i = 64,8$ )	ГСО	Низкая, близкая к круговой ( $h = 900$ км, $i = 81,2$ )

<sup>1</sup> Информация принимается с учетом запаса линии КА–земная станция, а также с учетом доработок, проведенных с наземным оборудованием.



Таблица 2. Предложения по унификации требований к аппаратуре КОСПАС–САРСАТ для различных платформ

Параметр	Значение
Частота передачи, МГц	1544,5 (для сформированного на борту информационного кадра для НССПС и для прямой ретрансляции для ГССПС и ВССПС); 1544,9 (для прямой ретрансляции СССПС)
Мощность излучения, Вт	4–6
Тип ретрансляции	Прямая
Обработка на борту	1. Выделение информации, а также измерение доплеровского смещения частоты и времени посылки, формирование информационного кадра. 2. Обработка сигнала квитирования, формирование информационного кадра
Обратный канал	Да
Полоса приема, кГц	90
Промежуточная частота, МГц	44,9
$T_{ш}$ , К	140
Чувствительность по приему, дБВт	–173
Автономность	Объединение по приему с каналом ССПД в диапазоне 402 МГц, системой специального назначения и каналом ретрансляции данных ПСД, полученных через НО ИСЗ в диапазоне 465 МГц
Исполнение МШУ	Выделенный автономный прибор с питанием от БС, в состав АФУ не входит

на «ГЛОНАСС-К2» это внешний прибор с выделенным питанием. В случае РСССПД на КА «Луч-5А» или «Луч-5В» и БРКС-К1 на «ГЛОНАСС-К1» МШУ интегрирован непосредственно в комплексы. Налицо отсутствие системного подхода и единой научно-технической политики при проектировании бортовой аппаратуры системы поиска и спасания.

В целях дальнейшего развития системы для снижения затрат на разработку и изготовление комплектов аппаратуры для разных платформ целесообразно выработать единые и максимально унифицированные требования с учетом выбора максимально жестких требований, предъявляемых к аппаратуре, функционирующей на различных орбитах.

На основе анализа ТТХ аппаратуры для различных платформ по критериям максимальной приспособленности и худшего случая были сформированы общие требования с целью ее унификации для будущих проектов. Эти предложения представлены в табл. 2.

Сформированные требования учитывают необходимость излучения сигнала на разных частотах, что определяется системными требова-

ниями КОСПАС–САРСАТ для аппаратуры НССПС, ГССПС и СССПС. Кроме того, предложены характеристики аппаратуры в части мощности выходного сигнала, входной полосы, чувствительности, промежуточной частоте преобразования и базовым требованиями по исполнению.

На рис. 7 представлена укрупненная функциональная схема предлагаемого унифицированного бортового комплекса системы КОСПАС–САРСАТ.

В соответствии с рис. 7 на МШУ, обеспечивающий шумовую температуру не более 140 К, осуществляется прием сигнала в диапазоне частот 400–410 МГц. МШУ должен иметь в своем составе достаточное количество выходов для обеспечения работы системы КОСПАС–САРСАТ, а также системы ССПД и смежной системы специального назначения.

В настоящий момент рассматривается вариант создания унифицированного общего конвертера для каналов КОСПАС–САРСАТ и ССПД.

В конвертере сигнал КОСПАС–САРСАТ переносится на центральную частоту 44,9 МГц или 44,5 МГц (в зависимости от исполнения)

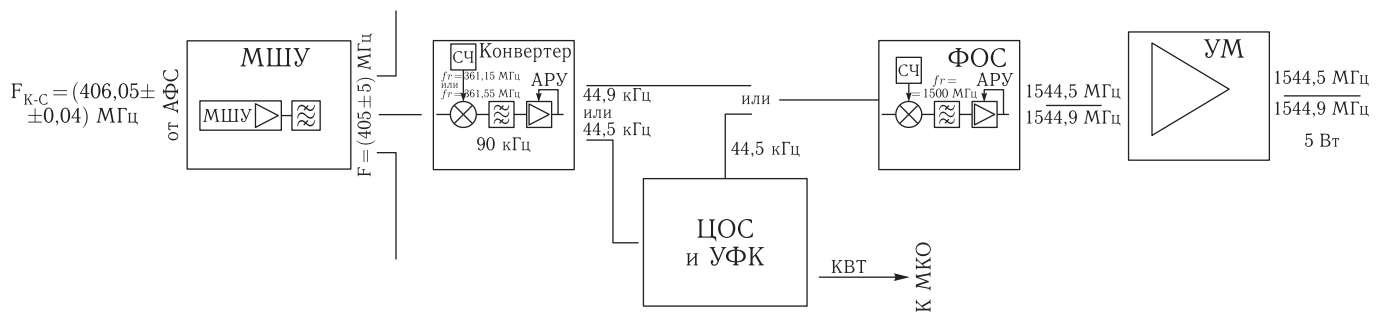


Рис. 7. Укрупненная функциональная схема унифицированного бортового комплекса системы КОСПАС-САРСАТ:

МШУ — малошумящий усилитель;

АФС — антенно-фидерная система;

ФОР — формирователь ответного сигнала;

УМ — усилитель мощности;

ЦОС — цифровая обработка сигнала;

УФК — устройство формирования кадра;

СЧ — синтезатор частот;

МКО — мультиплексный канал обмена;

КВТ — квитанция;

АРУ — автоматическая регулировка усиления

и осуществляется его фильтрация на промежуточной частоте. Таким образом, исполнения конвертера различаются частотой гетеродина, формируемой синтезатором частот (СЧ), и фильтром полосой 90 кГц на промежуточных частотах. Так, для ретрансляторов для геостационарных КА (например, серии «Электро-Л» и «Луч») или КА на высокоэллиптической орбите (например, «Арктика-М») потребуется модификация конвертера с частотой гетеродина 361,55 МГц и промежуточной частотой 44,5 МГц с соответствующей настройкой фильтра. Для ретранслятора для среднеорбитальных аппаратов серии «ГЛОНАСС» потребуется конвертер с частотой гетеродина 361,15 МГц и промежуточной частотой 44,9 МГц. При этом предполагается, что подобную конфигурацию можно осуществить за счет модификаций программного обеспечения.

С выхода конвертера сигнал поступает на ЦОС, где осуществляется его цифровая обработка и выделение информации. ЦОС также потребует различного исполнения программного обеспечения для разных проектов в связи с различными входными частотами аппаратов. В УЗФК осуществляется формирование кадра и его модуляция частотой 44,5 МГц.

Внутренняя коммутация приборов также может иметь несколько вариантов. Так, для аппаратов НССПС серии «Метеор» сигнал на ФОР поступает с УЗФК. То есть ретрансляция осуществляется посредством обработки сигнала с последующей модуляцией. Поэтому прямой связи по ВЧ между КВР и ФОР не требуется. В остальных

случаях сигнал на ФОР поступает непосредственно с КВР, поскольку только такая связь обеспечивает прямую ретрансляцию без обработки. Вообще ЦОС и УЗФК не применяются на ретрансляторах для ГССПС. На бортовых системах этих аппаратов (серия «Электро-Л», «Арктика-М», «Луч») не предусматривается обработка сигнала на борту. ЦОС и УЗФК применяются на аппаратах серии «ГЛОНАСС», поскольку в них требуется наличие обратного канала с обработкой на борту сигнала квитирования (КВТ) для передачи в составе сигнала L10С. Но сформированная последовательность поступает через МКО в БКУ для вставки в соответствующую строку навигационного кадра.

В ФОРе сигнал (частотой 44,5 МГц или частотой 44,9 МГц) переносится в диапазон 1544 МГц (частота гетеродина 1500 МГц), после чего поступает на усилитель мощности (УМ), где усиливается до 5 Вт и поступает на АФС.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что предложенный вариант построения перспективного ретранслятора обеспечивает все необходимые варианты передачи сигнала при единой унифицированной схеме с предложенными ТТХ в табл. 2 с минимальными модификациями.

## Заключение

В статье рассмотрены технические характеристики существующих и перспективных комплексов системы поиска и спасания КОСПАС-САРСАТ,

предназначенных для размещения на различных космических аппаратах.

В результате проведенного анализа сформированы унифицированные требования к перспективной бортовой аппаратуре, которая при условии ее разработки и реализации в перспективных ОКР в рамках ФКП 2016–2025 или ФЦП «ГЛОНАСС» может быть размещена на космических аппаратах низкоорбитального, среднеорбитального и геостационарного (включая высокоэллиптические космические аппараты) сегментах системы.

С учетом проектирования перспективной аппаратуры КОСПАС–САРСАТ в виде комплекса базовых элементов с жестко ограниченной функциональностью, а также с учетом необходимости реализации функции обработки сигнала аварийных радиобуев на борту низкоорбитальных космических аппаратов появляется возможность создания максимально унифицированного комплекса поиска и спасения, который с минимальной реконфигурацией может быть использован на борту любого сегмента системы поиска и спасения.

Разработка максимально унифицированного комплекса позволит не только повысить его надежность и снизить затраты на разработку и производство, но также и принципиально уменьшить время на адаптацию к различным космическим аппаратам, снизить потребную номенклатуру электрорадиоизделий, расширив перечень используемых отечественных компонентов, а также продемонстрировать преимущества использования унифицированной контрольно-проверочной аппаратуры.

## Список литературы

1. Документ C/S P.001R // Электрон. дан. Канады, 1988. Заглавие с экрана. Режим доступа: <http://www.cospas-sarsat.int>
2. Балашов А. И., Зурабов Ю. Г., Пчеляков Л. С. и др. Международная космическая радиотехническая система обнаружения терпящих бедствие / Под ред. В. С. Шебшаевича. М.: Радио и связь, 1984. 376 с.
3. Урличич Ю. М., Макаров Ю. Ф., Селиванов А. С., Никушкин И. В., Рогальский В. И., Зурабов Ю. Г. История создания и перспективы развития международной космической системы поиска и определения местоположения терпящих бедствие судов и самолетов КОСПАС–САРСАТ // Телекоммуникации и транспорт, 2012, № 4. С. 12–15.
4. Документ C/S T.003 // Электрон. дан. Канады, 2014. Заглавие с экрана. Режим доступа: <http://www.cospas-sarsat.int>
5. Документ C/S T.011 // Электрон. дан. Канады, 2014. Заглавие с экрана. Режим доступа: <http://www.cospas-sarsat.int>
6. Семин В. И., Дедов Н. В., Федосеев А. В., Тарасов К. В. Настоящее и будущее космической системы поиска и спасения. Геостационарный сегмент // Телекоммуникации и транспорт, 2012, № 4. С. 25–29.
7. Документ C/S T.016 // Электрон. дан. Канады, 2014. Заглавие с экрана. Режим доступа: <http://www.cospas-sarsat.int>
8. Ступак Г. Г., Никушкин И. В., Суринов А. С., Рогальский В. И., Косенко В. Е. Анализ состояния и перспектив развития российского среднеорбитального сегмента международной космической системы КОСПАС–САРСАТ // Телекоммуникации и транспорт, 2012, № 4. С. 29–34.